

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：分子分光学，物理化学，ナノ光学

A-2) 研究課題：

- a) 先端的な近接場分光法の開発
- b) メソスコピックな構造を持つ有機分子集合体の構造とダイナミクスの観測
- c) 金属微粒子の素励起波動関数のイメージングと微粒子内ダイナミクス
- d) 金属微粒子及びその凝集体，配列体における電場増強効果と相互作用

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。現在までに，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 17 fs のパルス幅を実現した。また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た。この手法を基礎として，貴金属ナノ構造その他の試料の励起ダイナミクスを探って行きたい。また，近接場円二色性イメージングの装置開発を進めている。
- b) 所外との共同研究として，LB 膜を生成する機能性高分子化合物等に関して，近接場分光法に基づいた研究を進行中である。ある種の機能性高分子の光重合反応において，貴金属微粒子のプラズモンによる光電場増強効果を用いることで，長波長・低強度の光照射で多光子励起重合反応が進行している可能性を見出し，その詳細を研究している。また機能性高分子膜を有する金属微粒子の，キャラクタリゼーションに関する共同研究を昨年度から開始したが，震災の影響で中断している。
- c) 各種形状金属微粒子の分光及びダイナミクスの測定を，単一微粒子内で空間を分解して行っている。既に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見いだしていた。この研究を拡張し 所外との共同研究をも積極的に行った。電子線描画による 2 次元金属ナノ構造（ディスク等）で，プラズモン共鳴の特性の解明と制御を目指した研究を行い，特徴的なプラズモンモードを可視化した。また金ナノディスクを微小開口に近づけると，開口を透過する光が強くなる現象など，興味深い光学特性を見だし，理論解析によりその起源を明らかにした。
- d) 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，所外との共同研究で行っている。我々は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とその表面増強ラマン散乱への寄与を，初めて実験的に実証することに成功している。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，周囲のクロモフォア分子との相互作用に関して研究を進めている。金薄膜上に開けた孔（ヴォイド）の集合構造においても，局在した光電場を作ることが可能である

ことも見出した。有用な増強局在光電場を作るには、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ている。

B-1) 学術論文

S. I. KIM, K. IMURA, S. KIM and H. OKAMOTO, “Confined Optical Fields in Nanovoid Chain Structures Directly Visualized by Near-Field Optical Imaging,” *J. Phys. Chem. C* **115**, 1548–1555 (2011).

K. IMURA, K. UENO, H. MISAWA and H. OKAMOTO, “Anomalous Light Transmission from Plasmonic-Capped Nanoapertures,” *Nano Lett.* **11**, 960–965 (2011).

A. SAKAMOTO, K. MORI, K. IMURA and H. OKAMOTO, “Nanoscale Two-Photon Induced Polymerization of Diacetylene Langmuir-Blodgett Film by Near-Field Photoirradiation,” *J. Phys. Chem. C* **115**, 6190–6194 (2011).

H. OKAMOTO, K. IMURA, T. SHIMADA and M. KITAJIMA, “Spatial Distribution of Enhanced Optical Fields in Monolayered Assemblies of Metal Nanoparticles: Effects of Interparticle Coupling,” *J. Photochem. Photobiol., A* **221**, 154–159 (2011).

Y. HARADA, K. IMURA, H. OKAMOTO, Y. NISHIJIMA, K. UENO and H. MISAWA, “Plasmon-Induced Local Photocurrent Changes in GaAs Photovoltaic Cells Modified with Gold Nanospheres: A Near-Field Imaging Study,” *J. Appl. Phys.* **110**, 104306 (7 pages) (2011).

B-3) 総説，著書

K. IMURA and H. OKAMOTO, “Near-field optical imaging of wavefunctions and optical fields in plasmonic nanostructures,” in *Progress in Nanophotonics I*, M. Ohtsu, Ed., Springer, pp. 127–160 (2011).

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Near-field imaging of optical-field structures and plasmon wave functions in metal nanostructures,” in *Advances in Multi-Photon Processes and Spectroscopy, Vol. 20*, Y. Fujimura, Ed., World Scientific, pp. 175–209 (2011).

井村考平，岡本裕巳，「蓋をするとあふれだす光」*O plus E* **33**(5), 437–438 (2011).

B-4) 招待講演

岡本裕巳，「金属ナノ構造における増強電場とプラズモン波の近接場イメージング」強光子場科学研究懇談会 平成22年度第1回懇談会，岡崎，2011年1月。

岡本裕巳，「金属ナノ構造における光子場の可視化」日本化学会第91春季年会，横浜，2011年3月。

岡本裕巳，「金属ナノ構造における局在光電場のイメージング」第1回プラズモン化学シンポジウム，東京，2011年6月。

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Sub-wavelength optical field structures in metal nanostructures,” 2011 Korea-Japan Symposium on Molecular Science, Busan (Korea), July 2011.

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Nano-Optical Visualization of Enhanced Fields in Metal Nanostructures,” 6th International Symposium on Surface Science (ISSS-6), Tokyo (Japan), December 2011.

B-6) 受賞，表彰

岡本裕巳，光科学技術研究振興財団研究者表彰 (1994).

岡本裕巳, 分子科学研究奨励森野基金 (1999).
井村考平, 応用物理学会講演奨励賞 (2004).
井村考平, ナノオプティクス賞 (2005).
井村考平, 分子構造総合討論会奨励賞 (2005).
井村考平, 光科学技術研究振興財団研究者表彰 (2007).
井村考平, 日本化学会進歩賞 (2007).
井村考平, 日本分光学会賞(奨励賞)(2007).
原田洋介, ナノオプティクス賞 (2010).
岡本裕巳, 日本化学会学術賞 (2012).

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–).
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).

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).

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–).

B-8) 大学での講義，客員

北海道大学大学院総合化学院，「化学特別講義」2011年6月23日-24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，「プラズモニク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)。

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。金属微粒子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。現在これらを次のフェーズに発展させるべく，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ておりこれが今後の研究の一つの軸と考えている。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，20 fsを切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を目指す。一方，有機分子系では所外との共同研究も行い，他の方法では得難い情報を引き出すこと，微小空間での反応の誘起等が可能になっており，今後もこのような方向を一つの軸として行く。そのための方法論開発の一つとして，近接場円二色性イメージングの開発を行っている。この他にもナノ光学に関わるいくつかの研究萌芽を見出しているが，現時点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なっている。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ている。この研究の理論的な発展としてイスラエルのグループと共同研究を行い、古典力学的解析が厳密な量子力学的記述を良く再現することを示した。
- 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。これまで既に、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も成功している。NO-Ar については、系統的に時間領域のデータを取得するとともに、2 次元振動量子波束の時間発展を厳密に解くためのプログラム整備を行ない、実測データを良く再現することを確認した。
- 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 の 2 つの水素が入れ替わる運動が存在することを明らかにし、クラスター内での H₂ 分子の平均的な配向が振動状態によって大きく異なることを示唆する結果を得た。また、励起状態において振動前期解離などの緩和過程が存在することも明らかにした。
- 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、当分光法を実現しうる新奇なコヒーレント光源として、半導体レーザー出力をシード光とするパラメトリック発振レーザーの製作を進めている。現在 単一縦モードを保持したまま広範囲に波長掃引が可能な半導体レーザーや、チャープしたシード光を増幅するためのファイバーアンプを自作中である。
- 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。極低温 (< 1 K) のパルス分子ビームを高繰り返し (500 Hz) で生成するノズルソース部、極短パルス光を短焦点で

集光可能な相互作用部，および，解離イオンの速度ベクトルを3次元的に計測するイオンイメージング検出部から構成される真空チャンバーの組み上げをほぼ終了した。

B-1) 学術論文

Y. KHODORKOVSKY, K. KITANO, H. HASEGAWA, Y. OHSHIMA and I. Sh. AVERBUKH, “Controlling the Sense of Molecular Rotation: Classical vs Quantum Analysis,” *Phys. Rev. A* **83**, 023423 (10 pages) (2011).

D. BAEK, H. HASEGAWA and Y. OHSHIMA, “Unveiling the Nonadiabatic Rotational Excitation Process in a Symmetric-Top Molecule Induced by Two Intense Laser Pulses,” *J. Chem. Phys.* **134**, 224302 (10 pages) (2011).

A. MIZOGUHI, Y. OHSHIMA and Y. ENDO, “The Study for the Incipient Solvation Process of NaCl in Water: The Observation of the $\text{NaCl}-(\text{H}_2\text{O})_n$ ($n = 1, 2,$ and 3) Complexes by Using Fourier-Transform Microwave Spectroscopy,” *J. Chem. Phys.* **135**, 064307 (11 pages) (2011).

K. MIZUSE and A. FUJII, “Infrared Photodissociation Spectroscopy of $\text{H}^+(\text{H}_2\text{O})_6 \cdot \text{M}_m$ ($\text{M} = \text{Ne}, \text{Ar}, \text{Kr}, \text{Xe}, \text{H}_2, \text{N}_2,$ and CH_4): Messenger-Dependent Balance between H_3O^+ and H_5O_2^+ Core Isomers,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **13**, 7098–7104 (2011).

K. MIZUSE, J. -L. KUO and A. FUJII, “Structural Trends of Ionized Water Networks: Infrared Spectroscopy of Water Cluster Radical Cations $(\text{H}_2\text{O})_n^+$ ($n = 3-11$),” *Chem. Sci.* **2**, 868–876 (2011).

K. MIZUSE, Y. SUZUKI, N. MIKAMI and A. FUJII, “Solvation-Induced σ -Complex Structure Formation in the Gas Phase: A Revisit to the Infrared Spectroscopy of $[\text{C}_6\text{H}_6-(\text{CH}_3\text{OH})_2]^+$,” *J. Phys. Chem. A* **115**, 11156–11161 (2011).

K. MIZUSE and A. FUJII, “Structural Origin of the Antimagic Number in Protonated Water Clusters $\text{H}^+(\text{H}_2\text{O})_n$: Spectroscopic Observation of the “Missing” Water Molecule in the Outermost Hydration Shell,” *J. Phys. Chem. Lett.* **2**, 2130–2134 (2011).

B-4) 招待講演

大島康裕, 「気相分子集団の空間配向制御」 Chemistry and Fundamental Science, 東京大学, 東京都目黒区, 2011年5月.

Y. OHSHIMA, “Quantum-state manipulation of molecular rotation and vibration,” 2011 Korea-Japan Symposium on Molecular Science, Pusan (Korea), July 2011.

Y. OHSHIMA, “Spinning and deforming gas-phase molecules by intense ultra-short laser pulses,” The 14th Asian Chemical Congress 2011, Bangkok (Thailand), September 2011.

K. MIZUSE, “Infrared spectroscopic characterization of hydrogen-bonded water networks in gas-phase hydrated clusters,” Workshop on Dynamics and Structure of Water: From Gas Phase Clusters to Condensed Phase, Taipei (Taiwan), October 2011.

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).
- 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

- 日本原子力研究所黎明研究,「気体分子の配向完全制御と動的構造決定への応用」大島康裕 (2002年).
- 住友財団基礎科学研究助成,「気体分子の配向完全制御と動的構造決定への応用」大島康裕 (2002年).
- 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,「水と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).

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ので,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を目指す。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,実験システムの整備は完了した。今後は,水素結合の典型であるベンゼン-水など,順次,研究対象を拡大する。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,現在,開発の最終局面にあるナノ秒チャープ光源が完成次第,新規な断熱分布移動の実現に着手する。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

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。

B-1) 学術論文

H. GOTO, H. KATSUKI, H. IBRAHIM, H. CHIBA and K. OHMORI, “Strong-Laser-Induced Quantum Interference,” *Nat. Phys.* **7**, 383–385 (2011).

Y. OKANO, H. KATSUKI, Y. NAKAGAWA, H. TAKAHASHI, K. G. NAKAMURA and K. OHMORI, “Optical Manipulation of Coherent Phonons in Superconducting $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ Thin Films,” *Faraday Discuss.* **153**, 361–373 (2011). (invited paper)

B-4) 招待講演

大森賢治, 「Single molecule can calculate 1000 times faster than supercomputers」東京大学グローバルCOE プログラム「未来を拓く物理科学結集教育研究拠点」セミナー, 東京大学本郷キャンパス, 2011年12月.

K. OHMORI, “Single Molecule can Calculate 1000 Times Faster than Supercomputers,” International Symposium on Physics and Applications of Laser Dynamics 2011, Tainan (Taiwan), December 2011.

K. OHMORI, “Optically Engineered Quantum States in Ultrafast and Ultracold Systems,” Meet APS Fellow Forum, National Tsing Hua University, Hsinchu (Taiwan), December 2011.

K. OHMORI, “Attosecond Quantum Engineering,” Germany-Japan Colloquium “From the Early Universe to the Evolution of Life,” Heidelberg (Germany), December 2011.

大森賢治, 「世界最速スパコンより1000倍速くナノより小さい1分子コンピューター」東北大学グローバルCOE プログラム「分子系高次構造体化学国際教育研究拠点」シンポジウム 2011, 東北大学片平キャンパス, 2011年11月.

K. OHMORI, “Single Molecule can Calculate 1000 Times Faster than Supercomputers,” Frontier in Molecular Science based on Photo and Material, Paris (France), November 2011.

大森賢治, 「原子のさざ波と不思議な量子の世界」第104回国研セミナー, 分子科学研究所, 2011年11月.

K. OHMORI, “Ultrafast Computing with a Femtosecond-Laser-Driven Molecule,” International Workshop on Simulation and Manipulation of Quantum Systems for Information Processing (SMQS-IP), Juelich (Germany), October 2011.

K. OHMORI, “Ultrafast Computing with a Femtosecond-Laser-Driven Molecule,” International Workshop “Engineering and Control of Quantum Systems,” Dresden (Germany), October 2011.

K. OHMORI, “Ultrafast Computing with a Femtosecond-Laser-Driven Molecule,” International Workshop on Coherence and Decoherence at Ultracold Temperatures, Institute for Advanced Study of Technische Universitat Munchen, Garching/Munich (Germany), September 2011.

K. OHMORI, “Coherent Control; Present and Future,” Gordon Research Conference on “Quantm Control of Light and Matter,” Mount Holyoke College, South Hadley (U.S.A.), July–August 2011.

K. OHMORI, “Single Molecule Can Calculate 1000 Times Faster than Supercomputers,” Special Seminar at Physics Department of Oxford University, Oxford (U.K.), July 2011.

K. OHMORI, “Optical Manipulation of Coherent Phonons in Superconducting $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ Thin Films,” Faraday Discussion 153: Coherence and Control in Chemistry, Leeds (U.K.), July 2011.

K. OHMORI, “Single Molecule can Calculate 1000 Times Faster than Supercomputers,” 14th Korea-Japan Joint Symposium on Frontiers of Molecular Science “New Visions for Spectroscopy and Computation: Temporal and Spatial Adventures of Molecular Sciences,” Busan (Korea), July 2011.

大森賢治,「量子シミュレーター」第8回AMO 討論会, 東京大学本郷キャンパス, 2011年 6月.

K. OHMORI, “Molecular Eigenstate-Based Information Processing,” Lorentz Center Workshop on “Molecular Logic,” Lorentz Center, Leiden (Netherlands), May–June 2011.

大森賢治,「アト秒ピコメートル精度の時空間量子エンジニアリング～極低温分子からバルク固体まで～分子コンピューターの実現に向けて」, Chemistry and Fundamental Science, 東京大学駒場キャンパス, 2011年 5月.

大森賢治,「量子さざ波... 量子の波を光で制御する～極低温原子からバルク固体まで」, 京都大学G-COE セミナー「光・電子理工学コロキウム」, 京都大学桂キャンパス, 2011年 3月.

K. OHMORI, “Ultrafast Fourier Transform with a Femtosecond-Laser-Driven Molecule,” Séminaire SYRTE, l’Observatoire de Paris, Paris (France), March 2011.

K. OHMORI, “Ultrafast Fourier Transform with a Femtosecond-Laser-Driven Molecule,” Séminaire IPCMS, Université de Strasbourg, Strasbourg (France), March 2011.

K. OHMORI, “Ultrafast Fourier Transform with a Femtosecond-Laser-Driven Molecule,” Dynamics and Manipulation of Quantum Systems 2011, Tokyo (Japan), February 2011.

K. OHMORI, “Ultrafast Fourier Transform with a Femtosecond-Laser-Driven Molecule,” ERATO Macroscopic Quantum Control Conference on Ultracold Atoms and Molecules, Tokyo (Japan), January 2011.

H. KATSUKI, “Optically engineered quantum interference of delocalized excitons in solid parahydrogen,” 11th Tamura Symposium, Osaka Prefecture University, Sakai (Japan), December 2011.

H. KATSUKI, “Optically engineered quantum interference of delocalized excitons in solid parahydrogen,” IMS Symposium on “Recent Developments of Spectroscopy and Spatial and Temporal Hierarchical Structures in Molecular Science,” IMS, Okazaki, October 2011.

香月浩之,「アト秒精度で分子の波を制御する」, 第一回光科学異分野横断萌芽研究会, かんぼの宿, 奈良, 2011年 8月.

H. KATSUKI, “Ultrafast quantum interference in solid para-hydrogen,” MATRIX2011, University of British Columbia, Vancouver (Canada), July 2011.

香月浩之,「凝縮系量子状態のコヒーレント制御と読み出し」, 第12回エクストリームフォトリクス, 理研, 2011年 6月.

H. KATSUKI, “WAVE PACKET INTERFEROMETRY IN SOLID PARA-HYDROGEN,” 15th East Asian Workshop on Chemical Dynamics, POSCO international center, POSTECH, Pohang (Korea), May 2011.

H. KATSUKI, “Wave Packet Interferometry in Solid Para-hydrogen,” JSPS Asian CORE Workshop on Next Generation Ultra-Short Pulse Lasers for High Field and Ultrafast Science, RIKEN, Japan, March 2011.

B-6) 受賞, 表彰

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, 分子科学研究奨励森野基金 (2011).

香月浩之, 文部科学大臣表彰・若手科学者賞 (2011).

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).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

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的世界」
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

東京大学大学院理学系研究科, 流動講座教授, 2009年4月–2011年3月.

B-10) 競争的資金

科学技術振興機構 CREST 事業, 「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).

科研費基盤研究(B),「アト秒波束干渉制御法の開発と量子コンピューティングへの応用」大森賢治 (2001年-2002年).

科研費特定領域研究(A)「物質設計と反応制御の分子物理化学」,「ファンデルワールス半衝突反応のフェムト秒ダイナミクスと超高速光量子制御」大森賢治 (1999年-2001年).

科研費基盤研究(C),「強レーザー場中の金属クラスターのクーロン爆発および高調波発生の実時間観測と制御」大森賢治 (1999年-2000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線内殻分光による分子間相互作用の研究
- b) 内殻共鳴分光による未知の電子状態の研究
- c) 内殻励起の理論的アプローチの開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 軟X線内殻分光による分子間相互作用の研究：固体中の不純物状態や分子クラスターの研究を進展させて，溶質・溶媒分子系などの局所構造（幾何学的構造及び電子構造）を解明するための種々の実験を行っている。例えば，溶媒分子を溶質（不純物）に近接したスペクトル成分とそれ以外のものに分離して，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。バンド形成がはっきりしなかった弱い分子間相互作用を持つ有機固体のバンド分散の観測にも成功している。
- b) 内殻共鳴分光による未知の電子状態の研究：大きなスピン軌道相互作用を持つ2p内殻の共鳴励起を利用することによって，1光子イオン化で4重項状態や1光子励起で3重項励起状態の観測を実現してきた。さらに，同じ双極子対称性を持つ価電子励起と内殻励起の類似性からだけでは解明できない複雑な非断熱遷移を，内殻共鳴による高振動励起状態や異なる双極子対称性の状態への遷移を利用することによって，解明することができた。
- c) 内殻励起の理論的アプローチの開発：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，独DESY，カナダCLS，仏SOLEIL，伊ELETTRAなど）の利用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きた。ところが，ここ10年ほどの間に放射光源の性能向上によって内殻励起の実験研究が大きく進み，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理論支援が要求されるようになった。そのため，実験家のための使いやすい内殻励起計算用量子化学CIコードGSCF4を引き続き開発・整備している。

B-1) 学術論文

M. NAGASAKA, T. HATSUI, H. SETOYAMA, E. RÜHL and N. KOSUGI, "Inner-Shell Spectroscopy and Exchange Interaction of Rydberg Electrons Bound by Singly and Doubly Charged Kr and Xe Atoms in Small Clusters," *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **183**, 29–35 (2011).

H. YAMANE, T. HATSUI, K. IKETAKI, T. KAJI, M. HIRAMOTO and N. KOSUGI, "Site-Specific Intermolecular Interaction in α -Phase Crystalline Films of Phthalocyanines Studied by Soft X-Ray Emission Spectroscopy," *J. Chem. Phys.* **135**, 034704 (6 pages) (2011).

H. S. KATO, H. YAMANE, N. KOSUGI and M. KAWAI, "Characterization of an Organic Field-Effect Thin-Film Transistor in Operation Using Fluorescence-Yield X-Ray Absorption Spectroscopy," *Phys. Rev. Lett.* **107**, 147401 (5 pages) (2011).

K. NISHIZAWA, N. KURAHASHI, K. SEKIGUCHI, T. MIZUNO, Y. OGI, T. HORIO, M. OURA, N. KOSUGI and T. SUZUKI, “High-Resolution Soft X-Ray Photoelectron Spectroscopy of Liquid Water,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **13**, 413–417 (2011).

J.-C. LIU, C. NICOLAS, Y.-P. SUN, R. FLAMMINI, P. O’KEEFFE, L. AVALDI, P. MORIN, V. KIMBERG, N. KOSUGI, F. GEL’MUKHANOV and C. MIRON, “Multimode Resonant Auger Scattering from the Ethene Molecule,” *J. Phys. Chem. B* **115**, 5103–5112 (2011).

O. ENDO, H. OZAKI, R. SUMII, K. AMEMIYA, M. NAKAMURA and N. KOSUGI, “Orientation of *n*-Alkane in Thin Films on Graphite (0001) Studied using C K-NEXAFS,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **184**, 257–260 (2011).

O. ENDO, T. HORIKOSHI, N. KATSUMATA, K. OTANI, T. FUJISHIMA, H. GOTO, K. MINAMI, K. AKAIKE, H. OZAKI, R. SUMII, K. AMEMIYA, M. NAKAMURA and N. KOSUGI, “Incommensurate Crystalline Phase of *n*-Alkane Monolayers on Graphite (0001),” *J. Phys. Chem. C* **115**, 5720–5725 (2011).

B-3) 総説, 著書

E. SHIGEMASA and N. KOSUGI, “Molecular Inner-Shell Spectroscopy: ARPIS Technique and Its Applications,” *Adv. Chem. Phys.* **147**, 75–126 (2011).

B-4) 招待講演

N. KOSUGI, “Inner-Shell Spectroscopy Applied to Photoexcitation Dynamics in Gas and Liquid Phases,” Les journées d’automne 2011 du Groupe Français de Photochimie, Photophysique et Photosciences, Société Chimique de France (フランス化学会光物理化学部会秋季年会), Paris (France), November 2011.

N. KOSUGI, “Molecular X-Ray Spectroscopy in Gas, Cluster, Liquid, and Solid Phases. Experiment and Theory,” Institut des Sciences Moléculaires d’Orsay (ISMO), Université Paris-Sud 11, Paris (France), December 2011.

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).

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, 2006–2008, 2010–2011), 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

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 (2008–2012).

VUV-12, VUV-14 真空紫外光物理国際会議プログラム委員 (1998, 2004).

SRI シンクロトン放射装置技術国際会議国際諮問委員 (1994, 1997, 2000, 2003, 2006, 2009).

ICISS 電子分光及び電子構造国際会議国際諮問委員 (2006-).

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・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), 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-).

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, 2010-2011).

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

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 大学物理学科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-8) 大学等での講義，客員

総合研究大学院大学物理科学研究科，「光化学」2011年前期.

京都大学大学院理学研究科，「内殻励起の分子科学」2011年10月.

Erasmus Mundus International Master Course on Surface, Electro, Radiation, and Photo Chemistry, Université Paris-Sud 11,
“Basic X-ray Spectroscopy,” 2011年11月.

Erasmus Mundus International Master Course on Surface, Electro, Radiation, and Photo Chemistry, Université Paris-Sud 11,
“Quantum Chemistry applied to Molecular X-ray Spectroscopy,” 2011年12月.

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(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), 「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).

C) 研究活動の課題と展望

本研究グループは、放射光分子科学における新たな方法論、特に局所構造解析に関わる方法論、の開発・確立を目的としており、これまでわからなかった新しい知見をいくつかの具体例で得ることができたら、また、次の新しい方法論の確立に向かうのを常としている。最近、観測する現象としては、内殻励起過程を中心とした研究から、脱励起過程も考慮した研究に重点をシフトし、測定対象の物質系としては、孤立分子・クラスター系や分子固体を中心とした研究から、溶質・溶媒間や有機分子間の弱い相互作用など、これまで観測が困難とされてきた、より複雑な系に重点をシフトしつつある。その場観測手法や顕微分光法も駆使する必要がある。これらは世界的な放射光研究の最近の動向にも沿っている。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いる。これらの装置群は国際的な競争力があり、国内のみならず国外の研究者との共同研究にも貢献している。本研究は、以前のUVSOR-I光源の性能では全く不可能であり、UVSOR-IIをさらに高度化したUVSOR-III光源の性能をフルに引き出せるように、UVSOR施設スタッフの協力も得て、今後も継続的に高分解能軟X線分光の最新技術を導入していくことが国際競争上、必須である。

見 附 孝一郎 (准教授) (1991年4月1日着任)

A-1) 専門領域：化学反応素過程，軌道放射分子科学

A-2) 研究課題：

- a) 高分解能斜入射分光器の研究開発とフラーレン科学への利用
- b) レーザーと軌道放射を組合せたポンプ・プローブまたは2重共鳴分光
- c) 極端紫外超励起状態や高励起イオン化状態の分光学と動力学

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 軌道放射光施設に，気相光励起素過程の研究を目的とした高分解能高フラックスの斜入射分光器を建設した。25 から 160 eV の光子エネルギーの範囲で，フラックス 10^{10} 光子 / 秒と分解能 3000 が同時に達成された。「フラーレンの極端紫外分光専用ライン」に特化させてフラーレン類の質量分析と光電子分光を展開している（装置に関し特許取得）。第1に，気相及び凝縮相の C_{60} や C_{70} の絶対光吸収断面積を測定し，巨大共鳴ピーク（ ~ 20 eV）に付随する形状共鳴遷移を初めて観測した。第2に，遷移金属原子の $4d$ 電子励起軟巨大共鳴が，金属内包フラーレンの炭素ケージの中でどのような影響を受けるかを検討した。第3に，多価イオンやフラグメントの収量曲線を精密に測定し，求めたしきい値や極大値を検討した結果，通常の分子では前例のない特異な単分子解離現象を見出した。第4に，解離遷移状態のポテンシャルエネルギー曲面の情報を得るための画像観測装置を製作し，フラーレン分子線の3次元速度分布画像を直接測定し解析・評価した（特許出願中）。平成23年度には，運動量画像観測法を用いて，クラスターやオリゴマーの正確な3次元速度分布と内部温度を，広範囲のクラスターサイズを網羅して一気に測定する試みに初めて成功した。
- b) 紫外モードロックレーザーとアンジュレタ光を組み合わせ，電子振動励起分子の光イオン化や光解離のダイナミクス，イオンの前期解離ダイナミクスなどに関する研究を行った。レーザー誘起蛍光励起分光やレーザー多光子イオン化分光を起用して，超励起状態から解離生成したイオンまたは中性フラグメントの内部状態の観測を初めて実現した。フラグメントの回転分布から，解離の際のエネルギー分配について議論した。原子の光イオン化における「量子力学的完全実験」を目指し，偏極励起原子の光イオン化ダイナミクスの研究を行った。また，特定の化学結合を選択的に切断したり，特異的な化学反応を起こすような光励起過程を実現するための方法論の開発と実用化を目指している。具体的には可視又は近赤外レーザーで生成する振動励起した水分子に放射光を照射して，振動基底分子の放射光解離とは全く異なる反応分岐比や分解確率を得るという実験を行った。
- c) 軌道放射光施設に分子線光解離装置と正イオン・負イオン同時計測装置を製作し， CO_2 ， SO_2 ，ハロゲン化メチル，フロンなど20種余の分子についてイオン対を生成する過程を初めて見いだした。また，同施設の直入射分光器ラインに2次元掃引光電子分光装置を建設し， NO ， C_2H_2 ， OCS ， SO_2 ， CS_2 ， HI 等の2次元光電子スペクトルを測定した。さらに，アンジュレタ斜入射分光器ラインで， OCS や H_2O の極端紫外励起状態の緩和過程で放出される可視・紫外発光を検出し，蛍光分散および蛍光励起スペクトルを測定した。以上，得られた負イオン解離効率曲線，2次元光電子スペクトル，蛍光スペクトル等から，超励起状態のポテンシャルエネルギー曲面を計算しイオン化状態との電子的結合を評価したり，自動イオン化や前期解離のダイナミクスおよび分子の2電子励起状態や解離性イオン化状態の特質などについて考察した。

B-1) 学術論文

K. OKADA, T. NAKASHIMA, M. SAKAI, A. SUEMITSU, C. HUANG, H. YAGI, H. KATAYANAGI, K. MITSUKE and K. TABAYASHI, “Dissociative Photoionization of Perfluorocyclobutane and *cis*-1,1,2,2,3,4-Hexafluorocyclobutane,” *J. Phys.: Conf. Series* **288**, 012021 (7 pages) (2011).

K. MITSUKE, D. BASHYAL and K. NAKAJIMA, “Efficient Dye-Sensitized Solar Cells Made from Titania Nanoparticles Powder, VP TiO₂ P90,” *Pure and Applied Chemistry International Conference PACCON2011*, 457–460 (2011).

K. NAKAJIMA, K. OHTA, H. KATAYANAGI and K. MITSUKE, “Photoexcitation and Electron Injection Processes in Azo Dyes Adsorbed on Nanocrystalline TiO₂ Films,” *Chem. Phys. Lett.* **510**, 228–233 (2011).

H. KATAYANAGI and K. MITSUKE, “Mass-Analyzed Velocity Map Imaging of Doubly Charged Photofragments from C₇₀,” *J. Chem. Phys.* **135**, 144307 (8 pages) (2011).

B-2) 総説, 著書

見附孝一郎, 小林かおり, 「分子の構造とスペクトル」, 「プラズマ原子分子過程ハンドブック」第3章, pp. 29–48 (2011).

B-4) 招待講演

見附孝一郎, 「C₆₀ または C₇₀ ビームから生成する炭素クラスターイオンの速度画像観測」, 分子研研究会「分光学が係わるクラスター科学および機能性ナノ構造体科学の将来展望」, 分子科学研究所, 岡崎, 2011年1月.

K. MITSUKE, “Velocity Map Imaging for Photoionization of Fullerenes and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons,” The 14th Asian Chemical Congress (14ACC), Bangkok (Thailand), September 2011.

見附孝一郎, 「アゾ色素から酸化チタンナノ粒子への光誘起電子移動」, UVSOR ユーザーズミーティング, 分子科学研究所, 岡崎, 2011年11月.

B-6) 受賞, 表彰

見附孝一郎, 日本化学会欧文誌 BCSJ 賞 (2001).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

原子衝突研究協会委員 (1987, 1998–2003).

原子衝突研究協会企画委員 (1996–2003).

原子分子データベース協会設立準備委員 (2004–2008).

学会の組織委員等

質量分析連合討論会実行委員 (1993).

第9回日本放射光学会年会実行委員 (1995–1996).

第12回日本放射光学会年会組織委員およびプログラム委員 (1998–1999).

第15回化学反応討論会プログラム委員および実行委員長 (1998–1999).

International Symposium on Photo-Dynamics and Reaction Dynamics of Molecules, Okazaki, Cochair (1998–1999).

原子衝突協会第25回研究会実行委員 (1999–2000).

International Workshop on the Generation and Uses of VUV and Soft X-ray Coherent Pulses, Lund, Sweden, Member of the Program Committee (2001)(真空紫外・X線コヒーレント光の発生と利用に関する国際集会, プログラム委員)

XIV International Conference on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics, Cairns, Australia, Member of the Program Committee (2003-2004)(第14回真空紫外光物理国際会議プログラム委員)

IV International Conference on Atomic and Molecular Data and their Applications, Toki, Japan, Member of the Program Committee (2003-2004)(第4回原子分子データとその利用に関する国際会議プログラム委員)

第19回日本放射光学学会年会組織委員, 実行委員およびプログラム委員長 (2005-2006).

第22回化学反応討論会プログラム委員および実行委員 (2005-2006).

原子衝突研究協会第31回研究会実行委員 (2005-2006).

第3回分子科学討論会実行委員 (2008-2009).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員, 国際事業委員会書面審査員 (2009-2010).

学会誌編集委員

原子衝突研究協会誌編集委員 (2006-2008).

ISRN Physical Chemistry, Editorial Board of Open Access International Journal (2011-).

その他

東京大学物性研究所高輝度光源計画推進委員会測定系小委員会委員 (1998-2003).

SuperSOR 高輝度光源利用者懇談会幹事 (1999-2002).

All Japan 高輝度光源利用計画作業委員 (2002-2004).

サイエンスパートナーシッププロジェクト連携担当機関実施責任者 (2007-2009).

愛知県知の拠点重点研究プロジェクト第8研究会委員 (2008-2010).

総合研究大学院大学「科学知の総合化」アジアにおける学術状況調査事業派遣者 (2010).

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, 「極端紫外光分光学」2011年12月5日-7日.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(C), 「放射光とレーザーの同時照射による分子の多光子電子励起」見附孝一郎 (1998年-2000年).

科研費基盤研究(B), 「レーザーと放射光を組合わせた振動高次倍音励起分子の光解離制御」見附孝一郎 (2002年-2004年).

光科学技術研究振興財団研究助成, 「ナノ分子場中の原子と光の相互作用——金属内包フラーレンに軟X線巨大共鳴は存在するか?」見附孝一郎 (2002年-2003年).

科学技術振興機構平成17年度シーズ育成試験研究, 「新奇高沸点物質の質量分析装置の開発と実用化試験」見附孝一郎 (2005年-2006年).

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).

科研費基盤研究(B), 「炭素ナノケージに貯蔵された物質の放射光共鳴制御」見附孝一郎 (2006年-2007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, 見附孝一郎(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).

C) 研究活動の課題と展望

光電子分光, 蛍光分光, 質量分析, 同時計測, ポンプ・プローブ分光などを用い, 気相分子やクラスターの光イオン化過程を詳細に研究する。また, 真空紫外領域の中性超励起状態の構造や電子状態に関する情報を集積しその動的挙動を明らかにする。将来の目標は次の通りである: フラーレンや金属内包フラーレンの波長掃引光電子分光と高励起フラーレンイオンの解離ダイナミクスの解明, 励起分子や解離フラグメントの内部状態観測と, 発光・解離・異性化・振動緩和などの過渡現象の追跡, 有機太陽電池の電子構造や電子移動機構の研究。発電メカニズムの探求を通して, 太陽電池のエネルギー変換効率向上や長期安定化を目指す。

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

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。さらに，高輝度放射光発生のために真空封止アンジュレータ2台，可変偏光型アンジュレータ2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。
- 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。
- e) 光陰極を用いた電子源の開発に着手した。直線加速器を用いた自由電子レーザー計画への応用と偏極電子ビームを用いた生命の起源に関する研究への応用を目指している。

B-1) 学術論文

S. KIMURA, E. NAKAMURA, M. HOSAKA, T. TAKAHASHI and M. KATOH, "Design of Terahertz Pump-Photoemission Probe Spectroscopy Beamline at UVSOR-II," *AIP Conf. Proc.* **1234**, 63 (2010).

M. KATOH, M. ADACHI, H. ZEN, J. YAMAZAKI, K. HAYASHI, A. MOCHIHASHI, M. SHIMADA and M. HOSAKA, "Full Energy Injection and Top-up Operation at UVSOR-II," *AIP Conf. Proc.* **1234**, 531 (2010).

M. ADACHI, M. KATOH, H. ZEN, T. TANIKAWA, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, N. YAMAMOTO and Y. TAIRA, "Status and Prospects of Coherent Light Source Developments at UVSOR-II," *AIP Conf. Proc.* **1234**, 492 (2010).

Y. TAIRA, M. ADACHI, H. ZEN, T. TANIKAWA, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, N. YAMAMOTO, K. SODA and M. KATOH, “Feasibility Study of Ultra-Short Gamma-Ray Pulse Generation by Laser-Compton Scattering in an Electron Storage Ring,” *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A* **637**, 5116–5119 (2011).

N. YAMAMOTO, M. SHIMADA, M. ADACHI, H. ZEN, T. TANIKAWA, Y. TAIRA, S. KIMURA, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, T. TAKAHASHI and M. KATOH, “Ultra-Short Coherent Terahertz Radiation from Ultra-Short Dips in Electron Bunches Circulating in a Storage Ring,” *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A* **637**, 5112–5115 (2011).

Y. TAIRA, M. ADACHI, H. ZEN, T. TANIKAWA, N. YAMAMOTO, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, K. SODA and M. KATOH, “Generation of Energy-Tunable and Ultrashort-Pulse Gamma Ray via Inverse Compton Scattering in an Electron Storage Ring,” *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A* **652**, 696–700 (2011).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

M. KATOH, “Radiation from Laser-Modulated and Laser-Sliced Electron Bunches in UVSOR-II,” *Proc. 32nd Internat. Free Electron Laser Conf.*, 183–187 (2010).

T. TANIKAWA, M. ADACHI, M. KATOH, J. YAMAZAKI, H. ZEN, M. HOSAKA, Y. TAIRA and N. YAMAMOTO, “Saturation Phenomena of VUV-CHG at UVSOR-II,” *Proc. 32nd Internat. Free Electron Laser Conf.*, 306–309 (2010).

H. ZEN, M. ADACHI, M. KATOH, T. TANIKAWA, Y. TAIRA, N. YAMAMOTO and M. HOSAKA, “Numerical Study on Coherent Harmonic Generation Free Electron Laser Seeded by Chirped External Laser,” *Proc. 32nd Internat. Free Electron Laser Conf.*, 286–289 (2010).

C. EVAIN, M. -E. COUPRIE, S. BIELAWSKI, C. SZWAJ, M. HOSAKA, A. MOCHIHASHI and M. KATOH, “Control of Instability Induced by a Detuning in FEL Oscillator,” *Proc. 32nd Internat. Free Electron Laser Conf.*, 215–218 (2010).

Y. TAIRA, N. YAMAMOTO, M. HOSAKA, K. SODA, M. ADACHI, H. ZEN, T. TANIKAWA and M. KATOH, “Development of Pulse Width Measurement Techniques in a Picosecond Range of Ultra-short Gamma-Ray Pulses,” *Proc. 2nd Internat. Particle Accelerator Conf.*, 1473–1475 (2011).

T. TANIKAWA, M. ADACHI, M. KATOH, J. YAMAZAKI, H. ZEN, M. HOSAKA, Y. TAIRA and N. YAMAMOTO, “Saturation Effect of VUV Coherent Harmonic Generation at UVSOR-II,” *Proc. 2nd Internat. Particle Accelerator Conf.*, 3098–3100 (2011).

B-3) 総説，著書

M. KATOH, “Upgrades of UVSOR Accelerators,” *J. Particle Soc. Jpn.* **7**, No. 3, 184–191 (2010).

M. KATOH, “Future Plan of UVSOR,” *J. Jpn. Soc. Synchrotron Rad. Res.* **24**, No. 4, 175–181 (2010).

B-6) 受賞，表彰

平 義隆, 第53回放射線化学討論会若手優秀講演賞 (2010).

平 義隆, 第23回日本放射光学会年会 JSR10 学生発表賞 (2010).

谷川貴紀, 第24回日本放射光学会年会 JSR11 学生発表賞 (2011).

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

日本加速器科学研究発表会世話人 (2001–2003).

日本加速器学会設立準備委員会委員 (2003).

日本加速器学会組織委員 (2004–).

日本加速器学会評議員 (2008–2009).

日本放射光学会評議員 (2006–2009, 2010–).

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)(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–).

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–).

C) 研究活動の課題と展望

UVSOR は2000年以降の複数回の高度化により，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を有するが，放射光輝度をさらに向上させる改造計画を進める。2012年春に加速器の改造を実施する予定である。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方式を導入する。さらに，真空封止型アンジュレータ1台を設置する。ハードウェア設計は完了し，製作が進行中である。

自由電子レーザーに関しては，増幅率の向上を目指した光クライストロンの更新を進めており，現在立上調整中である。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。

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。今後は実用化を意識して，大強度化・広帯域化・高安定化に向けた技術開発を進める。この研究テーマは，量子ビーム基盤技術開発プログラムに採択され，2008年度から5年間の予定で委託研究として遂行中である。

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を進める。

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) 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。本年度実施した研究内容は、以下の通りである。

結晶異方性が高い磁気転移温度の起源と成っている CeT_2Al_{10} ($T = Fe, Ru, Os$) の電子構造

重い電子系 $CeIn_3$ の低温高圧下テラヘルツ分光による局在から遍歴に至る電子状態

低温・高圧下で異常な伝導を示す α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の高圧下テラヘルツ分光

巨大磁気抵抗物質電子ドープ EuO 単結晶超薄膜試料の育成と電子状態の評価

低温・高圧下テラヘルツ分光による SmS の絶縁体金属転移の起源

- 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。現在，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，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

S. KIMURA, T. IIZUKA, H. MIYAZAKI, A. IRIZAWA, Y. MURO and T. TAKABATAKE, "Electronic-Structure-Driven Magnetic Ordering in a Kondo Semiconductor $CeOs_2Al_{10}$," *Phys. Rev. Lett.* **106**, 056404 (4 pages) (2011).

S. KIMURA, T. IIZUKA, H. MIYAZAKI, T. HAJIRI, M. MATSUNAMI, T. MORI, A. IRIZAWA, Y. MURO, J. KAJINO and T. TAKABATAKE, "Optical Study of Charge Instability in $CeRu_2Al_{10}$ in Comparison with $CeOs_2Al_{10}$ and $CeFe_2Al_{10}$," *Phys. Rev. B* **84**, 165125 (7 pages) (2011).

S. KIMURA, Y. MURO and T. TAKABATAKE, “Anisotropic Electronic Structure of the Kondo Semiconductor $\text{CeFe}_2\text{Al}_{10}$ Studied by Optical Conductivity,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **80**, 033702 (4 pages) (2011).

Y. ZHANG, L. X. YANG, M. XU, Z. R. YE, F. CHEN, C. HE, H. C. XU, J. JIANG, B. P. XIE, J. J. YING, X. F. WANG, X. H. CHEN, J. HU, M. MATSUNAMI, S. KIMURA and D. L. FENG, “Nodeless Superconducting Gap in $\text{A}_x\text{Fe}_2\text{Se}_2$ ($A = \text{K, Cs}$) Revealed by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy,” *Nat. Mater.* **10**, 273–277 (2011).

T. HIRAHARA, G. BIHLMAYER, Y. SAKAMOTO, M. YAMADA, H. MIYAZAKI, S. KIMURA, S. BLUGEL and S. HASEGAWA, “Interfacing 2D and 3D Topological Insulators: $\text{Bi}(111)$ Bilayer on Bi_2Te_3 ,” *Phys. Rev. Lett.* **107**, 166801 (5 pages) (2011).

S. R. PARK, W. S. JUNG, G. R. HAN, Y. K. KIM, C. KIM, D. J. SONG, Y. Y. KOH, S. KIMURA, K. D. LEE, N. HUR, J. Y. KIM, B. K. CHO, Y. S. KWON, J. H. HAN and C. KIM, “Intrinsic Quasi-Particle Dynamics of Topological Metallic States,” *New J. Phys.* **13**, 013008 (11 pages) (2011).

S. TANAKA, M. MATSUNAMI and S. KIMURA, “Observation of Anomalous Peaks in the Photoelectron Spectra of Highly Oriented Pyrolytic Graphite: Folding of the Band due to the Surface Charge Density Wave Transition,” *Phys. Rev. B* **84**, 121411(R) (5 pages) (2011).

F. NAKAMURA, Y. KOUSA, A. A. TASKIN, Y. TAKEICHI, A. NISHIDE, A. KAKIZAKI, M. D’ANGELO, P. LEFEVRE, F. BERTRAN, A. TALEB-IBRAHIMI, F. KOMORI, S. KIMURA, H. KONDO, Y. ANDO and I. MATSUDA, “Topological Transition in $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ Studied as a Function of Sb Doping,” *Phys. Rev. B* **84**, 235308 (8 pages) (2011).

M. MATSUNAMI, M. TAGUCHI, A. CHAINANI, R. EGUCHI, M. OURA, A. SAKAI, S. NAKATSUJI and S. SHIN, “Kondo Resonance in $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$: Photoemission Spectroscopy and Single-Impurity Anderson Model,” *Phys. Rev. B* **84**, 193101 (4 pages) (2011).

H. YAMAOKA, T. KAMBE, T. SATO, Y. ISHIDA, M. MATSUNAMI, R. EGUCHI, Y. SENBA and H. OHASHI, “Electronic State of Organic Molecular Magnet: Soft X-Ray Spectroscopy Study of α -TDAE- C_{60} Single Crystal,” *Phys. Rev. B* **84**, 161404(R) (4 pages) (2011).

H. OKAMURA, R. KITAMURA, M. MATSUNAMI, H. SUGAWARA, H. HARIMA, H. SATO, T. MORIWAKI, Y. IKEMOTO and T. NANBA, “Optical Conductivity and Electronic Structure of $\text{CeRu}_4\text{Sb}_{12}$ under High Pressure,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **80**, 084718 (9 pages) (2011).

P. A. BHOBE, A. CHAINANI, M. TAGUCHI, R. EGUCHI, M. MATSUNAMI, T. OHTSUKI, K. ISHIZAKA, M. OKAWA, M. OURA, Y. SENBA, H. OHASHI, M. ISOBE, Y. UEDA and S. SHIN, “Electronic Structure of an Antiferromagnetic Metal: CaCrO_3 ,” *Phys. Rev. B* **83**, 165132 (7 pages) (2011).

H. YAMAOKA, I. JARRIGE, N. TSUJII, M. IMAI, J. LIN, M. MATSUNAMI, R. EGUCHI, M. ARITA, K. SHIMADA, H. NAMATAME, M. TANIGUCHI, M. TAGUCHI, Y. SENBA, H. OHASHI, N. HIRAOKA, H. ISHII and K. D. TSUEI, “Electronic Structure of $\text{YbGa}_{1.15}\text{Si}_{0.85}$ and $\text{YbGa}_x\text{Ge}_{2-x}$ Probed by Resonant X-Ray Emission and Photoelectron Spectroscopies,” *Phys. Rev. B* **83**, 104525 (10 pages) (2011).

T. OHTSUKI, A. CHAINANI, R. EGUCHI, M. MATSUNAMI, Y. TAKATA, M. TAGUCHI, Y. NISHINO, K. TAMASAKU, M. YABASHI, T. ISHIKAWA, M. OURA, Y. SENBA, H. OHASHI, T. HASEGAWA and S. SHIN, “Role of Ti 3d Carriers in Mediating the Ferromagnetism of Co: TiO_2 Anatase Thin Films,” *Phys. Rev. Lett.* **106**, 047602 (4 pages) (2011).

K. ISHIZAKA, T. KISS, T. YAMAMOTO, Y. ISHIDA, T. SAITOH, M. MATSUNAMI, R. EGUCHI, T. OHTSUKI, A. KOSUGE, T. KANAI, M. NOHARA, H. TAKAGI, S. WATANABE and S. SHIN, “Femtosecond Core-Level Photoemission Spectroscopy on 1T-TaS₂ Using a 60-eV Laser Source,” *Phys. Rev. B* **83**, 081104(R) (4 pages) (2011).

K. IMURA, S. KANEMATSU, K. MATSUBAYASHI, H. S. SUZUKI, K. DEGUCHI and N. K. SATO, “Discontinuous Transition from a Real Bound State to Virtual Bound State in a Mixed-Valence State of SmS,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **80**, 113704 (4 pages) (2011).

Y. R. JANG, J. B. HONG, B. H. MIN, M. A. JUNG, Y. Y. SONG, H. J. OH, K. J. LEE, M. H. JUNG, S. KANEMATSU, K. IMURA, K. DEGUCHI, N. K. SATO and Y. S. KWON, “Interplay of the Superconductivity and Magnetism in Eu_{0.7}Na_{0.3}Fe₂As_{1.4}P_{0.6},” *Supercond. Sci. Technol.* **24**, 085017 (9 pages) (2011).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

N. YAMAMOTO, M. SHIMADA, M. ADACHI, H. ZEN, T. TANIKAWA, Y. TAIRA, S. KIMURA, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, T. TAKAHASHI and M. KATOH, “Ultrashort coherent terahertz radiation from ultrashort dipoles in electron bunches circulating in a storage ring,” *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A* **637**, S112–S115 (2011).

N. K. SATO, K. DEGUCHI, K. IMURA, N. KABEYA, N. TAMURA and K. YAMAMOTO, “Correlation of Ferromagnetism and Superconductivity in UCoGe,” *AIP Conf. Proc.* **1347**, 132–137 (2011).

K. DEGUCHI, T. FURUKAWA, S. BAN, K. IMURA, K. MATSUBAYASHI and N. K. SATO, “Construction of a Magnetometer Using a Piezo Actuator,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **80**, SA108 (3 pages) (2011).

N. KABEYA, K. IMURA, K. DEGUCHI and N. K. SATO, “Thermal Expansion Measurements Using the Strain Gauge Technique with Kelvin Double Bridge,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **80**, SA098 (3 pages) (2011).

K. IMURA, S. KANEMATSU, K. DEGUCHI, H. S. SUZUKI, K. MATSUBAYASHI and N. K. SATO, “Thermoelectric Power Investigation on SmS,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **80**, SA077 (3 pages) (2011).

B-3) 総説, 著書

木村真一, 「固体中の電子は人間社会と同じ?」 「放射光が解き明かす脅威のナノ世界」 講談社ブルーバックス, pp. 119–121 (2011).

松波雅治, 「光電子分光と光反射分光を組み合わせた強相関電子系の研究」 *放射光* **24**, 109–112 (2011).

B-4) 招待講演

S. KIMURA, “Novel Kondo semiconductors CeM₂Al₁₀ (M = Fe, Ru, Os): Anisotropic Kondo effect and CDW-driven magnetic ordering,” SFB/TRR seminar, Stuttgart University, Stuttgart (Germany), March 2011.

S. KIMURA, “Novel Kondo semiconductors CeM₂Al₁₀ (M = Fe, Ru, Os): Anisotropic Kondo effect and CDW-driven magnetic ordering,” *Berichte aus der Physik*, Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe, Dresden (Germany), March 2011.

S. KIMURA, “Infrared and Terahertz Synchrotron Radiation,” SESAME-JSPS School, Amman (Jordan), November 2011.
松波雅治, 「光電子分光と光反射分光を組み合わせた強相関電子系の研究」 第24回日本放射光学会年会・合同シンポジウム, つくば, 2011年1月.

松波雅治, 木村真一, 「UVSORにおける低エネルギーアンジュレータビームラインの現状」 ISSP-Workshop 「東京大学アウトステーション(SPring-8 BL07LSU)での物性研究の新展開」 柏, 2011年3月.

木村真一,「強相関希土類化合物の量子臨界点近傍の電子状態の低エネルギー分光研究」物性研究所談話会, 柏, 2011年9月.

木村真一,「固体の機能性を生み出す電子構造の分光研究」名工大 - 自然科学研究機構合同講演会第三回講演会, 名古屋, 2011年10月.

木村真一,「大強度テラヘルツ光の利用」第18回FELとHigh Power Radiation研究会, 岡崎, 2011年12月.

B-6) 受賞, 表彰

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).

木村真一, 第5回日本放射光学会若手奨励賞(2001).

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).

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, 2008-2010).

UVSOR 利用者懇談会世話人(2000-2001).

学会の組織委員等

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).

(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

総合研究大学院大学物理科学研究科, 「物性科学概論」2011年7月.

総合研究大学院大学物理科学研究科, 「極端紫外光分光光学」2011年12月.

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

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下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).

科研費萌芽研究,「シンクロトロン放射光を使ったテラヘルツ顕微分光法の開発」木村真一(2002年).

科学技術振興事業団さきがけ研究21,「赤外磁気光学イメージング分光による局所電子構造」木村真一(1999年-2002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の1つとして、放射光の高輝度性とエネルギー・偏光可変性を使った新しい分光法である3次元角度分解光電子分光(BL5U)軌道対称性・波数分離角度分解光電子分光(BL7U)低温高圧下赤外・テラヘルツ分光(BL6B)を開発して、機能性固体の電子構造研究を行ってきた。今後は、さらに詳細な電子構造を調べることを目的として、高エネルギー分解能スピン・角度分解逆光電子分光やテラヘルツポンプ・光電子プローブ分光の開発を進め、物質科学へ展開していきたい。

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) 高分解能電子分光法による原子分子の内殻励起ダイナミクスの研究
- b) 電子多重同時計測法による原子分子の多重電離過程の研究
- c) 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
- 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、更には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、分子の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。2010年度からは、電子スペクトルを光エネルギーの関数として計測する、二次元電子分光法を用いた共鳴オージェ電子スペクトル及び低速電子スペクトルの光エネルギー依存性の観測が出来るように、高分解能電子エネルギー分析装置と制御プログラムの開発を行った。
- b) 高い検出効率を誇る、磁気ボトル型電子エネルギー分析器を利用した、原子分子の多重光電離過程の解明に関する研究を国際共同研究のもう一つの柱として継続している。特に、これまで直接的な観測がなされていなかった、分子の内殻電子二つが1光子の吸収により放出される過程について、異なる原子サイトから二電子が放出される過程が存在することを明らかにした。これらの実験研究は、従来 KEK-PF やドイツの放射光施設 BESSY で行われてきたが、2010年度後半から、フランスの放射光施設 SOLEIL においても国際共同研究を行っている。なお、磁気ボトル型分析器ではエネルギー分解能が不十分な場合については、BL6U において高分解能電子分光実験を実施し、高分解能スペクトルを取得している。
- c) 上述のように、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急速に深まったと言える。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。
- 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の挙動について、発光分光法に基づく実験研究を進めている。ごく最近、EUV-FEL 光により励起された原子が集団として振る舞う量子光学効果、超蛍光の観測に成功した。He 原子の共鳴励起に相当する、波長 53.7 nm の EUV-FEL 光を高濃度の He 原子に照射した場合、可視領域の蛍光が、通常の蛍光寿命よりも遙かに短い、最小 10 ps 以下のパルス幅を有する超蛍光として観測された。希ガスクラスタや分子、或いは凝縮系を観測対象とした、X線を含む短波長領域での超蛍光の観測を目指した共同研究が現在進行中である。

B-1) 学術論文

P. LABLANQUIE, F. PENENT, J. PALAUDOUX, L. ANDRIC, P. SELLES, S. CARNIATO, K. BUČAR, M. ŽITNIK, M. HUTTULA, J. H. D. ELAND, E. SHIGEMASA, K. SOEJIMA, Y. HIKOSAKA, I. H. SUZUKI, M. NAKANO and K. ITO, “Properties of Hollow Molecules Probed by Single-Photon Double Ionization,” *Phys. Rev. Lett.* **106**, 063003 (4 pages) (2011).

I. H. SUZUKI, Y. HIKOSAKA, E. SHIGEMASA, P. LABLANQUIE, F. PENENT, K. SOEJIMA, M. NAKANO, N. KOUCHI and K. ITO, “Decay Pathways after Xe 3d Inner Shell Ionization Using a Multi-Electron Coincidence Technique,” *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **44**, 075003 (7 pages) (2011).

L. ISHIKAWA, T. ODAGIRI, K. YACHI, N. OHNO, T. TSUCHIDA, M. KITAJIMA and N. KOUCHI, “Doubly Excited States of H₂ as Studied by Angle-Resolved Electron Energy Loss Spectroscopy in Coincidence with Detecting Lyman- α Photons,” *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **44**, 065203 (8 pages) (2011).

Y. HIKOSAKA, P. LABLANQUIE, F. PENENT, J. PALAUDOUX, L. ANDRIC, K. SOEJIMA, E. SHIGEMASA, I. H. SUZUKI, M. NAKANO and K. ITO, “Energy Correlation among Three Photoelectrons Emitted in Core-Valence-Valence Triple Photoionization of Ne,” *Phys. Rev. Lett.* **107**, 113005 (5 pages) (2011).

P. LABLANQUIE, S-M. HUTTULA, M. HUTTULA, L. ANDRIC, J. PALAUDOUX, J. H. D. ELAND, Y. HIKOSAKA, E. SHIGEMASA, K. ITO and F. PENENT, “Multi-Electron Spectroscopy: Auger Decays of the Argon 2s Hole,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **13**, 18355–18364 (2011).

M. NAGASONO, J. R. HARRIES, H. IWAYAMA, T. TOGASHI, K. TONO, M. YABASHI, Y. SENBA, H. OHASHI, T. ISHIKAWA and E. SHIGEMASA, “Observation of Free-Electron-Laser-Induced Collective Spontaneous Emission (Super-Fluorescence),” *Phys. Rev. Lett.* **107**, 193603 (4 pages) (2011).

A. HISHIKAWA, M. FUSHITANI, Y. HIKOSAKA, A. MATSUDA, C.-N. LIU, T. MORISHITA, E. SHIGEMASA, M. NAGASONO, K. TONO, T. TOGASHI, H. OHASHI, H. KIMURA, Y. SENBA, M. YABASHI and T. ISHIKAWA, “Enhanced Nonlinear Double Excitation of He in Intense Extreme Ultraviolet Laser Fields,” *Phys. Rev. Lett.* **107**, 243003 (4 pages) (2011).

B-4) 招待講演

繁政英治, 「極紫外自由電子レーザー場中の原子分子過程」日本分光学会中国四国支部総会講演会, 東広島, 2011年12月.

繁政英治, 「極紫外強レーザー場中の原子分子過程」第18回FELとHigh Power Radiation研究会, 岡崎, 2011年12月.

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).

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).

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).

学会誌編集委員

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–). (岩山洋士)

その他

東京大学物性研究所共同利用施設専門委員 (2005–2006).

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,「光化学」2011年6月14日–9月20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)(2),「内殻励起分子に特有な分子構造変化を伴う緩和過程の研究」繁政英治 (2000年–2002年).

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).

C) 研究活動の課題と展望

BL6Uでは、蓄積リングの運転に影響しない最小アンジュレーターギャップが当初予定されていた値よりも大きく、また、前置鏡の炭素汚染のために、300 eV 付近の分光性能には問題があるものの、SPring-8では実施出来ない1250 eVより低いエネルギー領域については、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を行うことにより、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し、内殻励起分子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。短波長領域での原子分子ダイナミクスが、近赤外域で確立されつつある描像で解釈できるのかは未知であり、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グラフィの展開

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グラフィ [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）] 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，新たなフォトリソグラフィ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の開拓に関する貢献，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，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 2 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グラフィで実証した。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

J. AKIYAMA, Y. SATO and T. TAIRA, “Laser Demonstration of Diode-Pumped Nd³⁺-Doped Fluorapatite Anisotropic Ceramics,” *Appl. Phys. Express* **4**, 022703 (3 pages) (2011).

N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “Composite, All-Ceramics, High-Peak Power Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Monolithic Micro-Laser with Multiple-Beam Output for Engine Ignition,” *Opt. Express* **19**, 9378–9384 (2011).

Y. SATO, T. TAIRA, V. SMIRNOV, L. GLEBOVA and L. GLEBOV, “Continuous-Wave Diode-Pumped Laser Action of Nd³⁺-Doped Photo-Thermo-Refractive Glass,” *Opt. Lett.* **36**, 2257–2259 (2011).

Y. SATO and T. TAIRA, “Variation of the Stimulated Emission Cross Section in Nd:YAG Caused by the Structural Changes of Russell-Saunders Manifolds,” *Opt. Mater. Express* **1**, 514–522 (2011).

R. BHANDARI and T. TAIRA, “> 6 MW Peak Power at 532 nm from Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Microchip Laser,” *Opt. Express* **19**, 19135–19141 (2011).

R. BHANDARI and T. TAIRA, “Megawatt Level UV Output from [110] Cr⁴⁺:YAG Passively Q-Switched Microchip Laser,” *Opt. Express* **19**, 22510–22514 (2011).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

P. LOISEAU, T. TAIRA and G. AKA, “Review and Evaluation of the Nonlinear Capabilities of RECOB (RE = Y, Gd) Oxyborate Crystals for SHG,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics (ASSP)*, ATuB08 (2011).

T. TAIRA, “Anisotropic Laser Ceramics Toward Giant Micro-Photonics,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics (ASSP)*, ATuE1 (2011). (Invited)

J. AKIYAMA and T. TAIRA, “Fabrication of Rare Earth Patterned Laser Ceramics by Use of Gradient Magnetic Field,” *OSA Topical Meeting on Advances in Optical Materials (AIOM)*, AIWA3 (2011).

Y. SATO and T. TAIRA, “Influence of Nd³⁺ Concentration on Laser Transitions in Nd:YAG,” *OSA Topical Meeting on Advances in Optical Materials (AIOM)*, AIThA6 (2011).

N. PAVEL, M. TSUNEKANE, K. KANEHARA and T. TAIRA, “Composite All-Ceramics, Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Monolithic Micro-Laser with Two-Beam Output for Multi-Point Ignition,” *The Conference on Lasers and Electro Optics (CLEO 2011)*, CMP1 (2011). (OSA Press Release)

Y. SATO and T. TAIRA, “Detailed Fluorescent Study of Nd:YAG Dependent on Doping Concentration,” *The Conference on Lasers and Electro Optics (CLEO 2011)*, CMP6 (2011).

J. AKIYAMA and T. TAIRA, “First Demonstration of Rare-Earth-Doped Anisotropic Ceramic Laser,” *CLEO/Europe 2011*, CA1.1 SUN (2011).

N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG All-Ceramics, Composite, Monolithic Micro-Lasers with Multi-Beam Output for Laser Ignition,” *CLEO/Europe 2011*, CA7.1 MON (2011).

R. BHANDARI and T. TAIRA, “6MW Peak Power at 532 nm by Using Linearly Polarized Passively Q-Switched Microchip Laser,” *CLEO/Europe 2011*, CA7.6 MON (2011).

S. JOLY and T. TAIRA, “Novel Method for Pulse Control in Nd:YVO₄/Cr⁴⁺:YAG Passively Q-Switched Microchip Laser,” *CLEO/Europe 2011*, CA8.1 TUE (2011).

P. LOISEAU, T. TAIRA and G. AKA, “SHG Capabilities of RECOB (RE = Y, Gd) Oxyborate Crystals,” *CLEO/Europe 2011*, CE.P.21 WED (2011).

- H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “Characterization of High-Energy Optical-Parametric Oscillation by Using Periodically Poled Mg-Doped Congruent LiTaO₃,” *CLEO/Europe 2011*, CD9.4 THU (2011).
- T. TAIRA**, “Giant Microphotonics: Large Aperture PPMGLN,” *Journées Nationales des Cristaux pour l’Optique (JNCO)*, JNCO_6, 55-58 (2011). (Invited)
- T. TAIRA**, “Large Aperture QPM devices for Giant Micro-Photonics,” 20th International Laser Physics Workshop (LPHYS’11), Seminar 4.3.1 (2011). (Invited)
- H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “Fabrication of Slant Quasi Phase Matching Structure in Mg-Doped Congruent LiNbO₃,” *2011 Nonlinear Optics (NLO)*, NMA4 (2011).
- R. BHANDARI and T. TAIRA**, “Megawatt Level UV Output from <110> Cr⁴⁺:YAG Passively Q-Switched Microchip Laser,” *2011 Nonlinear Optics (NLO)*, NME2 (2011).
- S. HAYASHII, H. SAKAI, T. TAIRA, H. MINAMIDE and K. KAWASE**, “High Power, Single Longitudinal Mode Terahertz Wave Generation Pumped by a Microchip Nd:YAG Laser,” *2011 Nonlinear Optics (NLO)*, NWE23 (2011).
- T. TAIRA**, “Large Aperture QPM Devices Toward Giant Micro-Photonics,” *22nd General Congress of the International Commission for Optics (ICO-22)*, IAPD 1-2286226 (2011). (Keynote)
- M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Laser Performance of Composite Nd:YAG/Cr:YAG Ceramics for Laser Ignition,” *IQEC/CLEO Pacific Rim 2011*, 4220-CT-7 (2011).
- T. TAIRA**, “Ceramic Lasers and Laser Materials Toward Giant Micro-Photonics,” *2nd EOS Topical Meeting on Lasers (ETML’11)*, 4644 (2011). (Invited)
- T. TAIRA**, “Promise on Microchip Lasers for Peening—Giant Micro-Photonics—,” *The 3rd International Conference on Laser Peening and Related Phenomena*, 11PM2-2 (2011). (Invited)
- Y. SATO and T. TAIRA**, “Comparative Study on the Temperature Dependent Emission Cross Section of Nd:YAG, Nd:YVO₄, and Nd:GdVO₄,” *Frontiers in Optics 2011, The 95th OSA Annual Meeting*, FthB4 (2011).
- Y. SATO, J. AKIYAMA and T. TAIRA**, “Spin–Orbit Momentum Controlled Anisotropic Laser Ceramics,” *Pacific-Rim Laser Damage 2011: Optical Materials for High Power Lasers*, 8206-62 (2011). (Invited Paper)
- T. TAIRA**, “Domain Controlling for Anisotropic Laser Ceramics,” *7th Laser Ceramics Symposium* (2011). (Invited)

B-3) 総説 , 著書

- T. TAIRA and G. AKA**, “Introduction: Advances in Optical Materials (AIOM) Feature,” *Opt. Mater. Express* **1**, 523–524 (2011).
- T. TAIRA**, “Domain-Controlled Laser Ceramics Toward Giant Micro-Photonics,” *Opt. Mater. Express* **1**, 1040–1050 (2011).
- H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “Large-Aperture, Axis-Slant Quasi-Phase Matching Device Using Mg-Doped Congruent LiNbO₃,” *Opt. Mater. Express* **1**, 1376–1382 (2011).
- B. BOULANGER, S. T. CUNDIFF, D. J. GAUTHIER, M. KARLSSON, Y. LU, R. A. NORWOOD, D. SKRYABIN and T. TAIRA**, “Focus Issue Introduction: Nonlinear Optics,” *Opt. Mater. Express* **1**, 1393–1398 (2011).
- 平等拓範, 「6.1.1 レーザーとレーザー光」 「6.1.2 固体レーザーと応用上の特質」 「6.2.2 ビーム計測」 「6.3.4 波長変換」 「7.2.6 マイクロ固体フォトニクス」 「光エレクトロニクスとその応用」 日本学術振興会光エレクトロニクス第130委員会編, オーム社, pp. 177–189, pp. 189–222, pp. 247–266, pp. 289–314, pp. 422–442 (2011).
- N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “All-Poly-Crystalline Ceramics Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Monolithic Micro-Lasers with Multiple-Beam Output,” in *Laser Pulses / Book 1*, ISBN 978-953-307-429-0, INTECH; Croatia, Chapter 4, 59–82 (2011).

平等拓範,「第3章 固体レーザー材料」,「第4章 固体レーザー装置」,「先端固体レーザー」,レーザー学会編,オーム社, pp. 33–96, pp. 97–147 (2011).

B-4) 招待講演

平等拓範,「ジャイアントマイクロフォトニクス」株式会社リコー, 仙台, 2010年12月.

平等拓範,「マイクロ固体フォトニクス研究の現状」,理研セミナー,理化学研究所仙台支所, 仙台, 2010年12月.

M. TSUNEKANE, N. KIDO, K. KANEHARA and T. TAIRA, “Microlaser for Ignition of Automobile Engines,” 31st Annual Meeting of The Laser Society of Japan, The University of Electro-Communications, Tokyo (Japan), January 2011.

T. TAIRA, “Anisotropic Laser Ceramics toward Giant Micro-Photonics,” OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics (ASSP), Istanbul (Turkey), February 2011.

平等拓範,「The Art of Age Microchip Lasers—toward Giant Micro-Photonics—」『光の日』公開シンポジウム2011, 学術振興会第130委員会, 東京理科大学森戸記念館, 2011年3月.

M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “Next Generation of Ignition by Micro Solid-State Laser,” Extended Abstracts, 58th Spring Meeting for Jpn. Society of Appl. Phys., Kanagawa (Japan), March 2011.

J. AKIYAMA and T. TAIRA, “Laser Oscillation with Anisotropic Ceramics,” Extended Abstracts, 58th Spring Meeting for Jpn. Society of Appl. Phys., Kanagawa (Japan), March 2011.

T. TAIRA, “Giant Micro-Photonics,” The 1st Japan-Grenoble/Lyon Workshop in Nanophotonics, Institut Néel, Grenoble (France), June 2011.

T. TAIRA, “Anisotropic Ceramic Lasers toward Giant Micro-Photonics,” Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris (ENSCP), Pierre & Marie Curie University (Paris VI University), Paris (France), June 2011.

T. TAIRA, “Ceramic Lasers toward Giant Micro-Photonics,” Institut Néel, Grenoble (France), June 2011.

T. TAIRA, “Giant Microphotonics: Large Aperture PPMgLN,” Journées Nationales des Cristaux pour l’Optique (JNCO) 2011, Marseille (France), July 2011.

T. TAIRA, “Large Aperture QPM Devices for Giant Micro-Photonics,” 20th International Laser Physics Workshop (LPHYS’11), Sarajevo (Bosnia and Herzegovina), July 2011.

T. TAIRA, “Large Aperture QPM Devices toward Giant Micro-Photonics,” The 22nd General Congress of the International Commission for Optics ICO22, Puebla (Mexico), August 2011. (Keynote).

T. TAIRA, “Ceramic Lasers and Laser Materials toward Giant Micro-Photonics,” 2nd EOS Topical Meeting on Lasers (ETML’11), Hotel la Residenza, Capri (Italy) September 2011.

T. TAIRA, “Promise on Microchip Lasers for Peening—Giant Micro-Photonics—,” The 3rd International Conference on Laser Peening and Related Phenomena, Osaka International Convention Center, Osaka (Japan), October 2011.

Y. SATO, J. AKIYAMA and T. TAIRA, “Spin–Orbit Momentum Controlled Anisotropic Laser Ceramics,” Pacific-Rim Laser Damage 2011: Optical Materials for High Power Lasers, Shanghai (China), November 2011.

T. TAIRA, “Domain Controlling for Anisotropic Laser Ceramics,” 7th Laser Ceramics Symposium, Singapore (Singapore), November 2011.

T. TAIRA, “Laser Ignition for Engine,” Workshop on Transparent Ceramics for Photonic Applications, Singapore (Singapore), November 2011.

B-5) 特許出願

特願 2011-012645,「レーザ点火装置」ニコライ パベル, 平等拓範, 常包正樹, 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)2011年.

特願 2011-028685,「透光性多結晶材料とその製造方法」平等拓範, 秋山順, 浅井滋生(自然科学研究機構, 科学技術振興機構)2011年.

特願 2011-113610,「受動Q スイッチ型固体レーザ装置」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)2011年.

特願 2011-171664,「固体レーザ装置」平等拓範, コウ ウエイベン(自然科学研究機構)2011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).

NICOLAIE 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).

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-).

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).
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 (2009–2011).
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–).
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–).
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–).

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議長 (2010–2011).
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).
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–).

Advanced Laser & Photon Source, 実行委員およびプログラム委員 (2011–).

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

(社)レーザー学会, 国際会議 Optics & Photonics International 2012, “Advanced Laser & Photon Source,” 実行委員会およびプログラム委員会委員 (2011–).

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

(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–).

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

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

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 (2007–2010), 幹事 (2008–).

日本学術振興会科学研究費委員会専門委員 (2011–).

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–).

学会誌編集委員

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

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

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 (2008–2010).

日本原子力研究開発機構特定課題推進員(任期付研究員)採用試験研究業績評価委員会委員 (2011).

B-8) 大学での講義, 客員

豊橋技術科学大学ナノフォトンクス情報テクノロジーリサーチセンター, 客員教授, 2011年.

仏国ジョゼフ・フーリエ大学, 客員教授, 2011年.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B)(2)(展開)「広帯域波長可変超短パルス光源のための高出力Yb:YAGモードロックレーザーの開発」平等拓範 (1998年–2000年).

科研費特別研究員奨励費,「非線形波長変換に適した高輝度レーザーシステムの開発研究」平等拓範 (1999年–2000年).

科研費基盤研究(B)(2)(一般)「高出力小型固体レーザーによる広帯域赤外光発生に関する研究」平等拓範 (1999年–2001年).

地域連携推進研究費(2),「界面制御による高機能光計測用波長可変クロマチップレーザーの開発研究」平等拓範(2000年-2002年).

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ー (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・機器開発事業,「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-).

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-).

B-11) 産学連携

(株)コンボン研究所,「マイクロ固体フォトニクスの基礎研究」平等拓範(2011年).

浜松ホトニクス(株)「マイクロチップレーザーの高繰り返し化に関する研究」平等拓範(2011年).

(株)リコー,「高出力レーザー光源の研究」平等拓範(2011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。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) 超広帯域光源による超高速分光

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，パルス幅を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，真空紫外から赤外光までの超短光パルスを同時に発生させることを目標としている。気体は非線形係数が小さいため，一般的に効率は低いが，超短光パルスのフィラメンテーションという現象を使うことで，効率のよい波長変換が行える。フィラメンテーションとは，高強度の超短光パルスをゆるやかに気体に集光することで，非線形効果による屈折率の増加とプラズマ発生による屈折率の減少が釣り合い，レイリー長よりはるかに長い距離をビームが集光されたまま伝搬する現象である。この効果によって，極めて高い強度で長い相互作用長の波長変換を行うことができ，気体としては非常に高い効率で波長変換を行うことができる。この手法は，藤准教授が前職の理研において発展させた研究である。今年の成果としては，チタンサファイアレーザーの基本波（800 nm）と二倍波（400 nm）を空気またアルゴンガス中に集光し，2 μm から 20 μm まで波長帯域の広がった超短光パルスを発生させることに成功した。パルスエネルギーは 250 nJ 程度であり，一般的な非線形分光に使用するには十分なエネルギーである。
- b) 前述の研究によって発生した広帯域中赤外光パルスのパルス幅を測定する実験を行った。2 μm から 20 μm まで波長帯域の広がったコヒーレント光について，すべての波長領域の光について位相関係を求めることは容易ではない。本研究では，発生と同様に空気を非線形媒質として，参照光パルスと中赤外光の相互相関スペクトルを測定する手法をとった。空気を非線形媒質として使用することにより，広帯域な位相整合が可能となり，広帯域中赤外光に対応することができた。この方法によって，測定されたパルス幅は 10.8 fs となった。中赤外光パルスの中心波長は 4.4 μm であり 単一サイクルよりも短いパルスとなっていることがわかった。また 中赤外光パルスの位相の安定性を計測し，さらにその位相制御の実験を行った。中赤外光パルスを発生させるために使用しているチタンサファイアレーザーの基本波と二倍波との遅延時間を制御することで，中赤外光パルスの位相を自在に制御できることを示した。
- c) 前述と同等の手法で発生した紫外光パルス（200，260 nm）を使って，超高速光電子イメージング分光を気相の分子について行った。ベンゼン（C₆H₆）や二硫化炭素（CS₂）の分子について，寿命が 20 fs 程度で減衰する超高速過程を明瞭に観測した。それぞれの実験結果について，分子動力学をつかった理論計算結果と比較し，それぞれの分子における超高速ダイナミクスについて，理解を深めることとなった。この研究は，前職の理化学研究所で行われた研究であり，分子研では，今後，前述の赤外光パルスを使った二次元分光を行うことを予定している。

B-1) 学術論文

T. FUJI, Y.-I. SUZUKI, T. HORIO and T. SUZUKI, “Excited-State Dynamics of CS₂ Studied by Photoelectron Imaging with a Time Resolution of 22 fs,” *Chem. –Asian J.* **6**, 3028–3034 (2011).

Y.-I. SUZUKI, T. HORIO, T. FUJI and T. SUZUKI, “Time-Resolved Photoelectron Imaging of S₂ → S₁ Internal Conversion in Benzene and Toluene,” *J. Chem. Phys.* **134**, 184313 (8 pages) (2011).

Y. NOMURA, Y. ITO, A. OZAWA, X.-Y. WANG, C.-T. CHEN, S. SHIN, S. WATANABE and Y. KOBAYASHI, “Coherent Quasi-cw 153 nm Light Source at 33 MHz Repetition Rate,” *Opt. Lett.* **36**, 1758–1760 (2011).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

T. FUJI, Y.-I. SUZUKI, T. HORIO and T. SUZUKI, “Time resolved photoelectron imaging of polyatomic molecules with 15 fs UV pulses,” *PQE-2011* p. 182 (2011).

T. FUJI and Y. NOMURA, “Ultrabroadband mid-infrared source based on four-wave mixing in gases,” *LPHYS2011 Seminar* 5.3.4 (2011).

T. FUJI and Y. NOMURA, “Ultrabroadband mid-infrared source based on four-wave rectification in gases,” *Ultrafast Optics 2011* We03 (2011).

Y. NOMURA, Y. ITO, A. OZAWA, X.-Y. WANG, C.-T. CHEN, S. SHIN, S. WATANABE and Y. KOBAYASHI, “Coherent Quasi-cw 153 nm Light Generated at 33 MHz Repetition Rate,” *CLEO: 2011—Laser Applications to Photonic Applications* CMJ4 (2011).

N. KUSE, Y. NOMURA, A. OZAWA, M. KUWATA-GONOKAMI and Y. KOBAYASHI, “Passive synchronization of repetition and offset frequency between two mode-locked Yb-doped fiber lasers,” *CLEO: 2011—Laser Applications to Photonic Applications* JThB121 (2011).

B-4) 招待講演

T. FUJI, “Time resolved photoelectron imaging of polyatomic molecules with 15 fs UV pulses,” *PQE-2011, Snowbird (U.S.A.)*, January 2011.

T. FUJI, “Ultrabroadband mid-infrared source based on four-wave mixing in gases,” *LPHYS2011, Sarajevo (Bosnia and Herzegovina)*, July 2011.

藤 貴夫, 「単一サイクル中赤外光パルス発生」理研シンポジウム, 和光, 2011年12月.

B-6) 受賞, 表彰

藤 貴夫, 日本光学会奨励賞 (1999).

藤 貴夫, 大阪大学近藤賞 (2008).

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).

HIRAS 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).

B-8) 大学での講義，客員

(独)理化学研究所，客員研究員，2010年2月-.

B-10) 競争的資金

科研費奨励研究(A),「サブ5フェムト秒パルスによる位相敏感超高速分光」藤 貴夫 (2000年-2001年).

(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).

科研費特別研究員奨励費,「高次高調波発生による高繰り返しの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).

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，当面の目標としていた，3-20 μm にわたる広帯域な赤外光を発生させることに成功した。今後は，この光源の特徴をいかした新しいタイプの分光法を開発し，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。また，チタンサファイアレーザーだけでなく，高繰り返し周波数が可能なファイバーレーザーを独自の手法で開発することも視野に入れている。分光では，高繰り返し周波数がデータ取得において極めて重要であり，新しい光源を開発する価値は非常に高いと考えている。