

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

A-2) 研究課題：

- a) 先端的な近接場分光法の開発
- b) 有機分子からなるナノ構造体の光化学・物理的特性
- 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既に数年前に完成し，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ている。現在は，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ており，近接場で 20 fs レベルの超高速測定が今少しで可能となる段階にきている。これにより金微粒子のプラズモンの緩和を，近接場領域で実時間観測すること等が可能になると予測している。
- b) 所外との共同研究として，LB 膜を生成する共役高分子化合物，ポリジアセチレン膜を有する金属微粒子等に関して，近接場分光法に基づいた研究を進行中である。ポリジアセチレン LB 膜では，膜の色相の差によるモルフォロジーの違いや近接場光照射による構造変化，低パワー近赤外光による多光子重合反応等を見だし，解析を進めている。またポリジアセチレン膜を有する金属微粒子の，単一粒子レベルのキャラクタリゼーションを行い，微粒子上におけるジアセチレンの光重合プロセスの解析に不可欠な情報を得た。
- 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。既に数年前に，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だしていた。その理論的解釈について，所外との共同研究を行い，試料と測定系を全て含んだ大規模な電磁気学シミュレーションにより，微粒子と近接場測定系との相互作用に関する進んだ解釈が可能となりつつある。また電子線描画による 2 次元金属ナノ構造で，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のイメージングや，ある種の金属微粒子で近接場光が異常に強く透過するなど，興味深い光学特性を見だし，その起源も理論解析によりほぼ明らかとなっている。
- 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。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，近接場イメージングを用いた実証的研究を進めている。貴金属薄膜に開けた微細な開口（ナノヴォイド）の作る光電場の構造についても研究を進めた。また金属微粒子を用いた光反応場の研究への展

開の可能性を探っている。この他、非線形光学効果が関与する新規な光トラッピングの現象を見だし、理論解析を通じてその起源を解明した。この手法は、ナノ配列を作成する新たな方法としての可能性が期待できる。

B-1) 学術論文

K. SAWADA, H. NAKAMURA, T. MARUOKA, Y. TAMURA, K. IMURA, T. SAIKI and H. OKAMOTO, “FDTD Simulated Observation of a Gold Nanorod by Scanning Near-Field Optical Microscopy,” *Plasma Fusion Res.* **5**, S2110 (4 pages) (2010).

Y. JIANG, T. NARUSHIMA and H. OKAMOTO, “Nonlinear Optical Effects in Trapping Nanoparticles with Femtosecond Pulses,” *Nat. Phys.* **6**, 1005–1009 (2010).

B-3) 総説, 著書

岡本裕巳, 「光ナノ計測」『光科学研究の最前線2』光科学研究の最前線2編集委員会編, 強光子場科学研究懇談会, p. 62 (2009).

B-4) 招待講演

岡本裕巳, 「プラズモン波動関数と増強電場の近接場光学イメージング」第21回名古屋コンファレンス, 名古屋, 2010年1月.

岡本裕巳 井村考平, 「近接場分光法による金属ナノ構造の光子場イメージング」第57回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 2010年3月.

井村考平, 岡本裕巳, 「近接場顕微分光に基づく光反応場の動的可視化・制御」第57回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 2010年3月.

岡本裕巳, 井村考平, 「低次元系金属構造体における局在光電場分布の可視化」日本物理学会第65回年次大会, 岡山, 2010年3月.

K. IMURA and H. OKAMOTO, “Optical imaging of plasmon wavefunctions and optical fields in noble metal nanostructures,” The 3rd Taiwan–Japan Joint Symposium on Organized Nanomaterials and Nanostructures Related to Photoscience, Hualien (Taiwan), March 2010.

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Near-Field Optical Imaging of Enhanced Photon Fields and Plasmon Waves in Metal Nanostructures,” The 28th Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2010), Cambridge (U.S.A.), July 2010.

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Near-Field Imaging of Plasmonic Waves and Enhanced Optical Fields,” The 6th International Workshop on Nano-scale Spectroscopy and Nanotechnology, Kobe (Japan), October 2010.

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Field enhancement in metal nanostructures visualized by near-field microscopy,” Pacificchem 2010 Symposium #72 “Frontiers of Surface-Enhanced Raman Scattering: Single-Nanoparticles and Single Cells,” Honolulu (U.S.A.), December 2010.

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).

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

総合研究大学院大学物理科学研究科，「分子分光学」2010年7月8日-12日。

総合研究大学院大学物理科学研究科，「量子分子科学」2010年11月24日-26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-)。

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-)。

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-)。

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。有機分子系では所外との共同研究を数件行い，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。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，プラズモンの物理的本質に関する新たな視点を得つつある。これらを次のフェーズに発展させることが，今後の研究の今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，励起直後の励起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している。またこれまでの金属微粒子の研究によって，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，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に関する新たな可能性を見だし，或いは確立しつつある。間もなく研究室内で電子線描画法によるナノ構造体作成ができるようになる予定であり，それらを発展させる方向も継続して積極的に進める。また最近，金属微粒子の研究の副産物として，非線形光トラッピングという新たな現象を見いだしたが，環境を整えばこれを発展させて新たな研究領域開拓に繋げたい。

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) 大振幅な構造変形運動に関する量子波束の生成と観測
- c) 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
- d) 高分解能非線形コヒーレント分光の開発
- e) 強レーザー場イオン化ダイナミクスについての分光学的研究
- f) 円錐交差ダイナミクスに対する高分解能分光学的アプローチ

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，回転運動に関する非断熱励起の実現と励起プロセスの詳細な追跡に利用してきている。昨年度，高繰り返しでデータ取得が可能ないように真空チャンパーならびにパルス色素レーザーを整備し，高いS/N比を短時間で達成できるようになった。この新測定システムを利用することにより，NO分子を対象として，回転量子波束の位相・振幅情報を完全に実験的に決定することに成功した。さらに，パルス対を利用した励起において，パルス間隔を適切に調節することによって単一の回転準位に70~80%まで分布を集中させることが可能であることを初めて実験的に示した。
- b) 上記a)の非断熱励起は分子の分極に起因する現象であるため振動に関しても実現可能であり，特に，分子間振動のような低波数の振動モードの励起に有効である。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，さらに，振動波束干渉を実時間領域のスペクトルとして観測することにも成功している。本年度は，NO-Arについて詳細な実験的検討を行ない，様々なホットバンドをモニターして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数値的に解くためのプログラム整備を行なった。
- c) 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する分光学的研究を進めている。中でも最も結合の弱いベンゼン-He系を重点的に取り上げ，単一縦モードナノ秒パルス光源を利用して高分解能で電子スペクトルを測定した。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。
- d) 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，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，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行なった。
- e) 強レーザー場中における分子のトンネルイオン化過程について，分光学的手法を活用して解明する研究を行なった。イオン化の影響による回転状態分布の変化を実験的に定量し，モデル計算との比較によって強光電場イオン化の角度依存性との相関を明らかにした。

- f) 韓国 KAIST の研究グループは、イオウを含む芳香族分子の光解離過程において、反応分岐比が特定の振電バンド近傍で急激に変化することを見出した。この観測事実は、初期励起状態が解離性の電子状態と円錐交差を通じて相互作用していることを実験的に明示した結果として、高い注目を集めている。この円錐交差ダイナミクスについて分光学的側面からアプローチするために、KAIST グループと協力して、当該分子の電子スペクトルを高分解能で測定する研究に着手した。

B-1) 学術論文

Y. SUMIYOSHI, I. FUNAHARA, K. SATO, Y. OHSHIMA and Y. ENDO, “Microwave Spectroscopy of the Ne–OH($^2\Pi_i$) Complex and Three-Dimensional Intermolecular Potentials,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **12**, 8340–8349 (2010).

R. ITAKURA, H. HASEGAWA, Y. KUROSAKI, A. YOKOYAMA and Y. OHSHIMA, “Coherent Correlation between Nonadiabatic Rotational Excitation and Angle-Dependent Ionization of NO in Intense Laser Fields,” *J. Phys. Chem. A* **114**, 11202–11209 (2010).

Y. SUMIYOSHI, I. FUNAHARA, K. SATO, Y. OHSHIMA and Y. ENDO, “Three-Dimensional Intermolecular Potential Energy Surface of the Kr–OH Complex,” *Mol. Phys.* **108**, 2207–2218 (2010).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

H. HASEGAWA and Y. OHSHIMA, “Coherent Rotational Dynamics of Molecules Induced by Intense Ultrafast Laser Fields,” *J. Phys.: Conf. Series* **185**, 012014 (4 pages) (2009).

B-3) 総説, 著書

Y. OHSHIMA and H. HASEGAWA, “Coherent Rotational Excitation by Intense Nonresonant Laser Fields,” *Int. Rev. Phys. Chem.* **29**, 619–663 (2010).

大島康裕, 「極短パルスレーザー光による分子回転の高速制御」, *パリティ* 12月号, 34–36 (2010).

B-4) 招待講演

大島康裕, 「高強度レーザー場によって誘起される分子振動・回転のコヒーレント光ダイナミクス」, レーザー学会第30回年次大会, 千里ライフサイエンスセンター, 大阪府豊中市, 2010年2月.

Y. OHSHIMA, “Coherent rotational/vibrational dynamics of gas-phase molecules induced by intense ultrafast laser fields,” Seminar, National Chiao Tung University, Hsinchu (Taiwan), March 2010.

Y. OHSHIMA, “Coherent rotational/vibrational dynamics of molecules induced by intense ultrafast laser fields,” Symposium on “Physics and Chemistry of Coherently Controlled Quantum Systems,” Meitestu Inuyama Hotel, Inuyama (Japan), March 2010.

Y. OHSHIMA, “Intermolecular vibrational dynamics of molecular clusters investigated by frequency- and time-domain spectroscopy,” PACIFICHEM 2010, Honolulu (U.S.A.), December 2010.

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).
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–).

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-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, 「分子分光学」 2010年7月8日–12日.
総合研究大学院大学物理科学研究科, 「量子分子科学」 2010年11月24日–26日.

B-9) 学位授与

北野健太, 「分子の回転角運動量オリエンテーションに関する新手法の開拓」 2010年3月, 博士(理学)

B-10) 競争的資金

日本証券奨学財団研究調査助成, 「1重項酸素生成機構の分子論的解明」 大島康裕 (2000年–2001年).
旭硝子財団研究助成, 「1重項酸素生成機構の分子論的解明」 大島康裕 (2000年–2001年).
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).

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、単なる状態分布移動のみでなく、生成する回転量子波束の実験的再構築や角運動量が配列した量子波束の生成など、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。今後は、イオンイメージング技術と結合した回転運動の画像化や、光分解・光イオン化などの反応ダイナミクス研究への展開を目指す。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する段階である。特に、多段階のラマン過程が関与した量子波束生成を実現し、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、ベンゼン-(He)_{1,2}について極低温(0.3 K)条件下の高分解能スペクトル測定を行うなど、実験システムの整備はほぼ完了した。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、早急に進めているナノ秒チャープ光源の開発が完了次第、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

K. HOSAKA, H. SHIMADA, H. CHIBA, H. KATSUKI, Y. TERANISHI, Y. OHTSUKI and K. OHMORI, “Ultrafast Fourier Transform with a Femtosecond Laser Driven Molecule,” *Phys. Rev. Lett.* **104**, 180501 (4 pages) (2010).

H. GOTO, H. KATSUKI and K. OHMORI, “Optical Modification of the Vibrational Distribution of the Iodine Molecule,” *Chem. Phys. Lett.* **493**, 170–172 (2010).

B-2) 総説, 著書

H. KATSUKI, H. CHIBA, C. MEIER, B. GIRARD and K. OHMORI, “Wave Packet Interferometry with Attosecond Precision and Picometric Structure,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **12**, 5189–5198 (2010).

B-4) 招待講演

K. OHMORI, “Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precision—From cold molecules to bulk solids—,” 40th Winter Colloquium on The Physics of Quantum Electronics, Snowbird (U.S.A.), January 2010.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precisions,” The Seminar Series of the Ultrafast X-Ray Science Laboratory, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley (U.S.A.), January 2010.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precisions,” LCLS-PULSE Seminar Series, Stanford University, Palo Alto (U.S.A.), January 2010.

大森賢治, 「アト秒ピコメートル精度の時空間コヒーレント制御; 冷却分子からバルク固体まで」第2回文部科学省「最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラム」シンポジウム, 豊中市千里ライフサイエンスセンター, 2010年2月.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precision; From cold molecules to bulk solids,” The 69th Okazaki Conference on “New Frontier in Quantum Chemical Dynamics,” Okazaki (Japan), February 2010.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precision; From cold molecules to bulk solids,” Photon-Frontier Consortium Symposium on “Physics and Chemistry of Coherently Controlled Quantum Systems,” Inuyama (Japan), March 2010.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Wave-Packet Engineering with Picometer and Attosecond Precision,” Workshop on “Coherence in Ultracold Molecular Physics,” Vancouver (Canada), May 2010.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Wave-Packet Engineering with Picometer and Attosecond Precision,” Fritz Haber Institute Special Seminar, Berlin (Germany), May 2010.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Wave-Packet Engineering with Picometer and Attosecond Precision,” Center for Quantum Dynamics Seminar, Heidelberg (Germany), May 2010.

K. OHMORI, “Ultrafast Fourier Transform with a Femtosecond-Laser-Driven Molecule,” 6th International Workshop on Optimal Control of Quantum Dynamics: Theory and Experiment, Ringberg (Germany), May–June 2010.

K. OHMORI, “Coherent Control and the Quantum/Classical Boundary,” Physical Chemistry Colloquium, Munich (Germany), June 2010.

大森賢治, 「アト秒ピコメートル精度の量子エンジニアリング; 冷却分子からバルク固体まで」物性研短期研究会「外部場の時間操作と実時間物理現象」, 柏, 2010年6月.

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～」第4回分子科学討論会,豊中,2010年9月.

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」第4回分子科学討論会,豊中,2010年9月.

K. OHMORI, “Ultrafast Fourier Transform with a Femtosecond-Laser-Driven Molecule,” ASILS6, Peking (China), October 2010.

K. OHMORI, “Ultrafast Fourier Transform with a Femtosecond-Laser-Driven Molecule,” Chemistry Department Seminar Series of Temple University, Philadelphia (U.S.A.), October 2010.

K. OHMORI, “Simulating Molecular Wave Functions Distorted by Impulsive Electronic Interaction with an Intense Femtosecond Laser Pulse,” Pacificchem 2010, Honolulu (U.S.A.), December 2010.

K. OHMORI, “Ultrafast coherent control of Ultracold molecules,” Pacificchem 2010, Honolulu (U.S.A.), December 2010.

H. KATSUKI, “Wave Packet Interferometry in Solid Parahydrogen,” 14th East Asian Workshop on Chemical Dynamics, Nara, May 2010.

香月浩之,「アト秒精度のコヒーレント制御:凝縮系への挑戦」第7回AMO討論会,つくば国際会議場,筑波,2010年6月.

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,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

総合研究大学院大学物理科学研究科, 「量子動力学」2010年12月20日-22日.

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) 内殻励起を利用した禁制価電子状態の研究
- 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：孤立分子，分子クラスター，凝縮分子・分子固体，固体中の不純物分子，液体分子，溶質・溶媒分子の局所構造（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。内殻分光では内殻励起した原子のサイトで局所的に射影した電子構造がわかる。最近の分光技術では 100 eV を越える軟X線領域でも 1 meV 精度の高分解能実験が可能になり，注目した原子サイトに影響を及ぼしている弱い相互作用を抜き出して明らかにできる。相互作用解析から，例えば，溶媒分子を溶質に近接したものとそれ以外に分離して，その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) 内殻励起を利用した禁制価電子状態の研究：これまで内殻電子の大きなスピン軌道相互作用を利用して 1 重項基底状態分子から 1 光子イオン化で 4 重項状態を観測する共鳴光電子分光法，および 1 重項基底状態分子から 1 光子励起で 3 重項励起状態を観測する軟X線共鳴ラマン分光法の開発を行ってきた。これら全く新しいスピン禁制光電子放出，スピン禁制価電子励起は軟X線を利用することで初めて可能となる 2 次光学過程に基づく。さらにこれら共鳴分光を利用することで，酸素分子において，Rydberg-valence 相互作用を含む非断熱遷移のダイナミクスの詳細が初めて明らかになった。
- c) 内殻励起の理論的アプローチの開発：本グループで開発した軟X線吸収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，米 Aladdin，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, T. HORIGOME, Y. HAMAMURA and N. KOSUGI, "Development of a Liquid Flow Cell to Measure Soft X-Ray Absorption in Transmission Mode: A Test for Liquid Water," *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **177**, 130–134 (2010).

C. MIRON, V. KIMBERG, P. MORIN, C. NICOLAS, N. KOSUGI, S. GAVRILYUK and F. GEL'MUKHANOV, "Vibrational Scattering Anisotropy Generated by Multichannel Quantum Interference," *Phys. Rev. Lett.* **105**, 093002 (4 pages) (2010).

H. YAMANE, A. GERLACH, S. DUHM, Y. TANAKA, T. HOSOKAI, Y. Y. MI, J. ZEGENHAGEN, N. KOCH, K. SEKI and F. SCHREIBER, "Site-Specific Geometric and Electronic Relaxations at Organic-Metal Interfaces," *Phys. Rev. Lett.* **105**, 046103 (4 pages) (2010).

W.-J. HUA, H. YAMANE, B. GAO, J. JIANG, S.-H. LI, H.S. KATO, M. KAWAI, T. HATSUI, Y. LUO, N. KOSUGI and H. ÅGREN, "A Systematic Study of Soft-X-Ray Spectra of Poly(dG)Poly(dC) and Poly(dA)Poly(dT) DNA Duplexes," *J. Phys. Chem. B* **114**, 7016–7021 (2010).

M. NAGASAKA, H. KONDOH, K. AMEMIYA, I. NAKAI, T. SHIMADA, R. YOKOTA and T. OHTA, "Mechanism of Ammonia Formation on Rh(111) Studied by Dispersive Near-Edge X-Ray Absorption Fine Structure Spectroscopy," *J. Phys. Chem. C* **114**, 2164–2170 (2010).

T. NAKAZATO, Y. FURUKAWA, M. CADATAL-RADUBAN, M. PHAM, T. TATSUMI, A. SAIKI, Y. ARIKAWA, N. SARUKURA, H. NISHIMURA, H. AZECHI, K. MIMA, T. FUKUDA, M. HOSAKA, M. KATOH and N. KOSUGI, "Systematic Study on Ce:LuLiF₄ as a Fast Scintillator Using Storage Ring Free-Electron Lasers," *Jpn. J. Appl. Phys.* **49**, 122602 (4 pages) (2010).

B-4) 招待講演

N. KOSUGI, "Molecular inner-shell spectra of weakly bonding and interacting systems," 37th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX-2010), Vancouver (Canada), July 2010.

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–).

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

ICESSE 電子分光及び電子構造国際会議国際諮問委員 (2006-).

ICESSE-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).

ICESSE-8,9,10 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).

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, 2010-2011).

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).

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

フランスCNRS ANR 基盤研究審査員 (2010).

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員会委員 (2001-2003), 物質構造科学研究所運営協議員会委員 (2001-2003), 加速器・共通研究施設協議会委員 (2001-2003).

東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設運営委員会委員 (1994-2011).

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-), 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).

フィンランドOulu 大学物理学科教授選考外部専門委員(2010).

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,「量子分子科学」2010年11月24日-26日.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B),「内殻励起による分子性遷移金属化合物の光物性研究」小杉信博(1999年-2001年).

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).

C) 研究活動の課題と展望

本研究グループは、内殻X線励起による局所構造解析の面から放射光の分子科学への新たな方法論の開発と応用を展開している。現在、測定対象の現象としては、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液体・溶液の研究に重点をシフトしている。最終的なゴールは、基底状態からの直接過程では見ることのできない価電子領域のイオン化・励起状態の研究を液体・溶液のようにこれまで困難とされてきた系に展開することである。内殻励起状態を中間状態とする二次光学過程は遷移確率の少ない過程なので、高輝度で高分解能軟X線分光の最新技術を導入することが不可欠である。高度化されたUVSOR 光源の性能をフルに引き出せるように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最新の軟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に取り組んでいる。また、理論解析コードも整備している。現在、測定試料の状態に依らないその場観測可能な分光法としての方法論の確立と弱い相互作用系における基礎過程の研究を展開している。

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22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

Y. POO-ARPORN, V. VAILIKHIT, D. BASHYAL, K. NAKAJIMA, P. SONGSIRIRITTHIGUL and K. MITSUKE, “Preparation and Evaluation of High Efficiency Dye-Sensitized Solar Cells,” *Pure and Applied Chemistry International Conference PACCON 2010*, 424–426 (2010).

H. KATAYANAGI, B. P. KAFLE, C. HUANG, MD. S. I. PRODHAN, H. YAGI and K. MITSUKE, “Feasibility Study on the Mass-Selected Velocity Map Imaging of Polyatomic Molecules and Fullerenes,” *Pure and Applied Chemistry International Conference PACCON 2010*, 941–944 (2010).

K. NAKAJIMA, K. OHTA, H. KATAYANAGI and K. MITSUKE, “Azo Dyes as Photosensitizers for Organic Solar Cells,” *Pure and Applied Chemistry International Conference PACCON 2010*, 967–970 (2010).

H. KATAYANAGI and K. MITSUKE, “Mass-Analyzed Velocity Map Imaging of Thermal Photofragments from C₆₀,” *J. Chem. Phys. (Communication)* **133**, 081101 (4 pages) (2010).

B-4) 招待講演

K. MITSUKE, “Photoionization and Dissociation Dynamics of Gaseous Fullerenes Studied by Synchrotron Radiation,” International Symposium at Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University (Thailand), January 2010.

K. MITSUKE, “Photoionization Dynamics of Fullerenes and Emission Spectroscopy of Dye-Sensitized Solar Cells,” International Symposium at Faculty of Science, Kasetsart University (Thailand), January 2010.

K. MITSUKE, “Spectroscopy of Transient Species of Organic Solar Cells Studied by Laser and Synchrotron Radiation,” *Pure and Applied Chemistry International Conference PACCON2010*, Ubon Ratchathani (Thailand), January 2010.

K. MITSUKE, “Photovoltaic Mechanisms of the Organic Solar Cells Containing Ru Complex or Azo Dyes,” Seminar of Synchrotron Light Research Institute, Nakhon Ratchasima (Thailand), January 2010.

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).

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, 「量子分子科学」2010年11月26日.

B-10) 競争的資金

井上科学振興財団井上フェロー研究奨励金, 「レーザーと軌道放射の同時吸収による化学結合の選択的開裂」見附孝一郎 (1997年–1999年).

分子科学研究奨励森野基金学術集会開催援助金, 「International Symposium on Photo-Dynamics and Reaction Dynamics of Molecules」見附孝一郎 (1999年).

大幸財団, 学会等開催助成金, 「International Symposium on Photo-Dynamics and Reaction Dynamics of Molecules」見附孝一郎 (1999年).

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。

菱川明栄(准教授)(2003年4月1日~2010年3月31日)*)

A-1) 専門領域：光物理化学，強レーザー場科学

A-2) 研究課題：

- a) 強レーザー場中原子分子過程の解明と制御
- b) クーロン爆発イメージングによる超高速反応追跡
- c) 高次高調波による極短パルス軟X線の発生と応用

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 単一分子から生成したすべてのイオンおよび電子の多重コインシデンス法の開発を行い，近赤外超短パルス強レーザー場における孤立原子および分子の多重電離過程における電子相関および核ダイナミクスを明らかにした。また，電子励起状態からの分子の解離性イオン化過程の観測に成功した。さらに理研播磨研究所におけるSCSS試験加速器FELを用い，EUV超短パルスレーザー場における非線形多重イオン化過程経路を「光のゆらぎ」を利用した新しい光電子分光計測によって明らかにした。
- b) 分散補償ミラーと中空ファイバーからなるパルス圧縮器によってサブ10フェムト秒領域のレーザーパルスの発生を行った。これを集光して得た強レーザー場における多重クーロン爆発を利用することによって超高速分子反応過程，特に分子内の水素原子の動きがを実時間で可視化すること成功した。
- c) 希ガス非線形媒質(NeまたはAr)を用いて発生させた高調波を，希ガス圧，セル長，集光強度を制御変数として最適化を行い，その特性を評価をした。また，特定次数の高調波を取り出すための誘電多層膜ミラーあるいは金属薄膜フィルターとポンプ・プローブ時間遅延部を備えたビームラインを構築した。これによって得られた単一次数(59次，27次，10次)高調波を用い，価電子あるいは内殻光電子およびオージェ電子の観測および核ダイナミクスの追跡に成功した。

B-1) 学術論文

Y. HIKOSAKA, M. FUSHITANI, A. MATSUDA, C.-M. TSENG, A. HISHIKAWA, E. SHIGEMASA, M. NAGASONO, K. TONO, T. TOGASHI, H. OHASHI, H. KIMURA, Y. SENBA, M. YABASHI and T. ISHIKAWA, “Multiphoton Double Ionization of Ar in Intense Extreme Ultraviolet Laser Fields Studied by Shot-by-Shot Photoelectron Spectroscopy,” *Phys. Rev. Lett.* **105**, 133001 (4 pages) (2010).

B-3) 総説，著書

彦坂泰正，伏谷瑞穂，菱川明栄，「EUV SASE-FELを用いた原子の多光子多重イオン化過程の研究」*放射光* **23**, 291-294 (2010).

B-4) 招待講演

A. HISHIKAWA, “Visualizing ultrafast chemical reactions by few-cycle intense laser pulse,” The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), Honolulu (U.S.A.), December 2010.

A. HISHIKAWA, “Visualizing ultrafast chemical reactions by intense ultrashort laser pulses,” The 7th International conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX 2010), Vancouver (Canada), July 2010.

A. HISHIKAWA, “Visualizing ultrafast chemical reaction by few-cycle intense laser pulses,” The 4th Yamada Symposium on Advanced Photons and Science Evolution 2010 (APSE2010), Osaka (Japan), June 2010.

A. HISHIKAWA, “Visualizing ultrafast chemical reaction by few-cycle intense laser pulses,” The 9th Joint Seminar University of Münster–Nagoya University, Nagoya (Japan), May 2010.

A. HISHIKAWA, “Molecular processes in few-cycle intense laser fields,” One Day Symposium on Molecules in Intense Laser Field and Related Phenomena, Tokyo (Japan), March 2010.

A. HISHIKAWA, “Visualizing chemical reactions by intense ultrashort laser pulses,” The 6th Asian Conference on Ultrafast Phenomena (ACUP), Taipei (Taiwan), January 2010.

菱川明栄, 「クーロン爆発イメージングによる超高速化学反応の追跡」第一回統合物質シンポジウム「統合物質創製化学の現状と展望」, 京都大学, 宇治, 2010年12月.

菱川明栄, 「数サイクル強レーザー場における分子過程」, 「実在系分子理論」取りまとめシンポジウム, 岡崎コンファレンスセンター, 岡崎, 2010年7月.

B-6) 受賞, 表彰

菱川明栄, 原子衝突研究協会若手奨励賞 (2000).

菱川明栄, 日本分光学会賞論文賞 (2001).

菱川明栄, 平成19年度分子科学奨励森野基金 (2007).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本分光学会企画委員 (1999–2003).

原子衝突研究協会企画委員 (2001–2003, 2006–2007).

分子科学研究会委員 (2002–2006).

日本分光学会中部支部幹事 (2003–2008).

強光子場科学懇談会企画委員 (2004–2007).

日本化学会東海支部代議員 (2007–2008).

強光子場科学懇談会幹事 (2007–).

学会の組織委員等

分子構造総合討論会プログラム委員 (2000).

分子構造総合討論会シンポジウム「レーザー場による分子過程コントロール」主催者 (2000).

日本分光学会装置部会・理研合同シンポジウム「強光子場の科学とその応用」主催者 (2000).

日本分光学会装置部会・理研合同シンポジウム「超短パルス電子線・X線技術の現状と新展開」主催者 (2002).

第8回東アジア化学反応ワークショップ主催者 (2004).

第22回化学反応討論会実行委員 (2005-2006).

原子衝突研究協会第31回研究会実行委員 (2005-2006).

レーザー学会第28回年次大会プログラム委員 (2007-2008).

Asia Pacific Laser Symposium (APLS)2008 プログラム委員 (2007-2008).

東京工業大学応用セラミックス研究所&物質材料研究機構ナノ計測センター合同シンポジウム「凝縮系の超高速現象とコヒーレント制御」主催者 (2008).

分子科学討論会2009実行委員 (2008-2009).

レーザー学会第29回年次大会プログラム委員 (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 (2009-2010).

B-10) 競争的資金

松尾学術振興財団学術助成, 「強光子場中分子の電子相関ダイナミクス」菱川明栄 (1999年).

科研費基盤研究(C), 「多原子分子ドレスト状態の高分解能干渉ドップラー分光」菱川明栄 (1999年).

科研費基盤研究(B)(2), 「同時計数運動量測定による強光子場中多原子分子ドレスト状態の解明」菱川明栄 (2000年-2001年).

科研費若手研究(A), 「電子 - イオンコインシデンス運動量計測による強光子場中分子ダイナミクス」菱川明栄 (2002年-2004年).

科研費特定領域研究(公募研究)「分子ドレスト状態における核波束実時間追跡: コインシデンス画像法によるアプローチ」菱川明栄 (2004年-2005年).

科学技術振興機構さきがけ研究, 「光電子ホログラフィーによるレーザー場反応追跡」菱川明栄 (2005年-2009年).

C) 研究活動の課題と展望

非共鳴強レーザー場中分子における電子励起過程を明らかにするため, 解離性イオン化過程に着目し, 電子 - イオン多重相関計測からその理解を進める。クーロン爆発イメージングを利用した光誘起反応過程の実時間追跡および, 強レーザー場における分子過程の「その場」観測を行う。レーザー高次高調波が有する高い時間分解能と軟X線領域の高い光子エネルギーを利用した実時間反応追跡のための新規手法の開発を行い, 超高速核ダイナミクスの追跡だけにとどまらず, 反応過程を決定づける電子の運動を明らかにしたい。

*) 2010年4月1日名古屋大学大学院理学研究科教授, 分子科学研究所教授兼任

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) 光源加速器 UVSOR-II の更なる性能向上に向けた開発研究を継続している。共同利用運転の全運転時間を、電子ビーム強度を一定に保つトップアップ入射で実施可能となった。さらに安定な放射光発生を目指した電子軌道安定化システムの試験運転に成功した。
- b) 自由電子レーザーに関する研究を継続している。利用研究を継続する一方で、シード光注入による安定化や発振制御の研究に着手した。また、既設の自由電子レーザーでは発振の難しい真空紫外領域において外部レーザー光源と電子ビームを用いたコヒーレント高調波発生の研究を進め、その出力飽和に関する新たな知見を得た。
- 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。テラヘルツ光の発生効率に関する研究や電場計測に関する研究を進めている。
- 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。

B-1) 学術論文

S. KIMURA, T. ITO, M. SAKAI, E. NAKAMURA, N. KONDO, T. HORIGOME, K. HAYASHI, M. HOSAKA, M. KATO, T. GOTO, T. EJIMA and K. SODA, “SAMRAI: A Novel Variably Polarized Angle-resolved Photoemission Beamline in the VUV region at UVSOR-II,” *Rev. Sci. Instrum.* **81**, 053104 (7 pages) (2010).

C. SZWAJ, S. BIELAWSKI, M. -E. COUPRIE, C. BRUNI, M. HOSAKA, A. MOCHIIHASHI and M. KATO, “Remaining Noise-Induced Spatiotemporal Dynamics in a Free Electron Laser Stabilized by Feedback Control,” *Eur. Phys. J. D* **59**, 451–455 (2010).

C. EVAIN, C. SZWAJ, S. BIELAWSKI, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, M. SHIMADA, S. KIMURA, M. KATO, A. MOCHIIHASHI, T. TAKAHASHI and T. HARA, “Laser-Induced Narrowband Coherent Synchrotron Radiation: Efficiency versus Frequency and Laser Power,” *Phys. Rev. S. T. Accel. Beams* **13**, 090703 (15 pages) (2010).

T. TANIKAWA, M. ADACHI, H. ZEN, M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAIRA and M. KATO, “Observation of Saturation Effect on Vacuum Ultraviolet Coherent Harmonic Generation at UVSOR-II,” *Appl. Phys. Express* **3**, 122702 (3 pages) (2010).

T. NAKAZATO, Y. FURUKAWA, M. CADATAL-RADUBAN, M. PHAM, T. TATSUMI, A. SAIKI, Y. ARIKAWA, N. SARUKURA, H. NISHIMURA, H. AZECHI, K. MIMA, T. FUKUDA, M. HOSAKA, M. KATOH and N. KOSUGI, “Systematic Study on Ce:LuLiF₄ as a Fast Scintillator Using Storage Ring Free-Electron Lasers,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **49**, 122602 (4 pages) (2010).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

M. ADACHI, M. KATOH, T. TANIKAWA, J. YAMAZAKI, K. HAYASHI, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA and N. YAMAMOTO, “Status of UVSOR-II and Light Source Developments,” *Proc. 23rd Particle Accel. Conf.* 2318–2320 (2009).

H. ZEN, M. ADACHI, K. HAYASHI, J. YAMAZAKI and M. KATOH, “Present Status of Control System of UVSOR-II,” *Proc. 12th Internat. Conf. Accel. Large Exp. Phys. Control Systems* 304–306 (2009).

H. ZEN, M. ADACHI, K. HAYASHI, M. KATOH, J. YAMAZAKI, T. TANIKAWA, M. HOSAKA, M. KOIKE, Y. TAIRA, Y. UNO and N. YAMAMOTO, “Present Status of UVSOR-II FEL,” *Proc. 31st Internat. Free Electron Laser Conf.* 576–579 (2009).

T. TANIKAWA, M. ADACHI, M. KATOH, J. YAMAZAKI, H. ZEN, M. HOSAKA, Y. TAIRA and N. YAMAMOTO, “Status of VUV-CHG at UVSOR-II,” *Proc. 31st Internat. Free Electron Laser Conf.* 285–288 (2009).

I. KATAYAMA, H. SHIMOSATO, M. BITO, K. FURUSAWA, M. ADACHI, M. SHIMADA, H. ZEN, S. KIMURA, N. YAMAMOTO, M. HOSAKA, M. KATOH and M. ASHIDA, “THz Field Detection of the Coherent Synchrotron Radiation Produced by Laser Bunch Slicing,” *Proc. Conf. Lasers Electro-Optics* paper CMF6 (2009).

M. SHIMADA, M. KATOH, M. ADACHI, T. TANIKAWA, S. KIMURA, H. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAKASHIMA and T. TAKAHASHI, “Observation of Transverse-Longitudinal Coupling Effect at UVSOR-II,” *Proc. 1st Internat. Particle Accelerator Conf.* 3650–3652 (2010).

N. YAMAMOTO, M. SHIMADA, M. ADACHI, H. ZEN, T. TANIKAWA, Y. TAIRA, S. KIMURA, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, T. TAKAHASHI and M. KATOH, “Study of the Coherent Terahertz Radiation by Laser Bunch Slicing at UVSOR-II Electron Storage Ring,” *Proc. 1st Internat. Particle Accelerator Conf.* 2570–2572 (2010).

M. ADACHI, M. KATOH, H. ZEN, Y. TAIRA, J. YAMAZAKI, K. HAYASHI, S. KIMURA, T. TANIKAWA, M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAKASHIMA and T. TAKAHASHI, “Present Status and Upgrade Plan of Coherent Light Source Developments at UVSOR-II,” *Proc. 1st Internat. Particle Accelerator Conf.* 2573–2575 (2010).

H. ZEN, M. ADACHI, M. KATOH, K. HAYASHI, J. YAMAZAKI, T. TANIKAWA, Y. TAIRA, M. HOSAKA and N. YAMAMOTO, “Status of Top-Up Operation in UVSOR-II,” *Proc. 1st Internat. Particle Accelerator Conf.* 2576–2578 (2010).

T. TANIKAWA, M. ADACHI, M. KATOH, J. YAMAZAKI, H. ZEN, M. HOSAKA, Y. TAIRA and N. YAMAMOTO, “Spectral Measurement of VUV CHG at UVSOR-II,” *Proc. 1st Internat. Particle Accelerator Conf.* 2206–2208 (2010).

Y. TAIRA, M. ADACHI, H. ZEN, M. KATOH, N. YAMAMOTO, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, K. SODA and T. TANIKAWA, “Generation of Ultra-Short Gamma-Ray Pulses by Laser Compton Scattering in an Electron Storage Ring,” *Proc. 1st Internat. Particle Accelerator Conf.* 2117–2119 (2010).

B-3) 総説，著書

M. KATO, “Terahertz Light Source Based on Synchrotron Radiation,” *J. Vac. Soc. Jpn.* **53**, No. 6, 393–398 (2010).

B-4) 招待講演

M. KATO, “Radiation from Laser-Modulated and Laser-Sliced Electron Bunches in UVSOR-II,” The 32nd International Free Electron Laser Conference, Malmoe (Sweden), August 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回日本放射光学学会年会 JSR10 学生発表賞 (2010).

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).

日本放射光学学会評議員 (2006–2009, 2010–).

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–.

名古屋大学大学院工学研究科，客員教授，2006年–2009年.

名古屋大学シンクロトン光研究センター，客員教授，2006年–.

B-10) 競争的資金

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

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

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

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

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トン光源としては世界的にも最高レベルの性能を有するに至った。この高度化された光源の性能を最大限引き出すために，放射光の安定性を高めることが次の課題である。このために，トップアップ入射方式を導入し一定強度運転を実現した。さらに電子軌道の安定化のためにフィードバックシステムの開発を進めている。また，光源加速器のさらなる高輝度化，高安定化とアンジュレータの増設のための次の加速器改造を計画している。また，さらにその先の将来計画の検討にも着手している。

自由電子レーザーに関しては，深紫外での高出力発振に成功し，利用実験が始まっている。調整の省力化，安定性の向上，トップアップ運転の導入による安定化などに取り組んでいる。また，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進めている。これらは将来の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において重要な知見となるはずである。

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ている。準単色のテラヘルツ光を一様磁場中で生成することに世界で初めて成功したが、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ていきたいと考えている。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開始した。エネルギー可変、偏光可変のガンマ線の発生に成功し、今後、ガンマ線のパルス幅測定法の開発や、極短パルスガンマ線の利用法の開拓を行う。また、分子科学研究においてシンクロtron光や自由電子レーザー光と相補的となりうる量子ビーム源として、スピン偏極電子源の開発に着手する予定である。

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) 低エネルギー放射光を使った新しい分光法の開発

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物質について，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。

巨大磁気抵抗物質電子ドープ EuO 単結晶薄膜および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

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

CDW 転移を示すカゴ状物質 $\text{CeT}_2\text{Al}_{10}$ ($T = \text{Fe, Ru, Os}$) および非フェルミ液体 $\text{YbCo}_2\text{Zn}_{20}$ の電子状態

- 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 三次元角度分解光電子分光 (BL5U) と赤外・テラヘルツ顕微分光 (BL6B), SPring-8 の多重極限環境下赤外分光 (BL43IR) は順調に結果を出している。新しいアイデアで建設した UVSOR-II 真空紫外高分解能角度分解光電子分光ビームライン (BL7U) では， $h\nu = 6 \sim 40 \text{ eV}$ のエネルギー範囲で，実用分解能では世界トップレベルの性能で，順調に研究及びユーザー利用が進行している。今後，BL1 にテラヘルツコヒーレント放射光およびコヒーレント高調波を積極的に利用するビームラインを設置し，コヒーレント放射光を使った新しい分光法の開発を進める。

B-1) 学術論文

A. HERZOG, M. MARUTZKY, J. SICHELSCHEMIDT, F. STEGLICH, S. KIMURA, S. JOHNSEN and B. B. IVERSEN, “Strong Electron Correlations in FeSb_2 : An Optical Investigation and Comparison with RuSb_2 ,” *Phys. Rev. B* **82**, 245205 (7 pages) (2010).

T. IIZUKA, S. KIMURA, A. HERZOG, J. SICHELSCHEMIDT, J. FERSTL, C. KRELLNER, C. GEIBEL and F. STEGLICH, “Temperature- and Magnetic-Field-Dependent Optical Properties of Heavy Quasiparticles in YbIr_2Si_2 ,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **79**, 123703 (4 pages) (2010).

T. HIRAHARA, Y. SAKAMOTO, T. FUJII, Y. TAKEICHI, H. MIYAZAKI, S. KIMURA, I. MATSUDA, A. KAKIZAKI and S. HASEGAWA, “Anomalous Transport in an n-Type Topological Insulator Ultrathin Bi_2Se_3 Film,” *Phys. Rev. B* **82**, 155309 (6 pages) (2010).

C. EVAIN, C. SZWAJ, S. BIELAWSKI, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, M. SHIMADA, S. KIMURA, M. KATOH, A. MOCHIIHASHI, T. TAKAHASHI and T. HARA, "Laser Induced Narrowband Coherent Synchrotron Radiation: Efficiency versus Frequency and Laser Power," *Phys. Rev. S. T. Accel. Beams* **13**, 090703 (15 pages) (2010).

H. MIYAZAKI, T. ITO, H. J. IM, K. TERASHIMA, S. YAGI, M. KATO, K. SODA and S. KIMURA, "La-Doped EuO: A Rare Earth Ferromagnetic Semiconductor with the Highest Curie Temperature," *Appl. Phys. Lett.* **96**, 232503 (3 pages) (2010).

M. KIMURA, H. FUJIWARA, A. SEKIYAMA, J. YAMAGUCHI, K. KISHIMOTO, H. SUGIYAMA, G. FUNABASHI, S. IMADA, S. IGUCHI, Y. TOKURA, A. HIGASHIYA, M. YABASHI, K. TAMASAKU, T. ISHIKAWA, T. ITO, S. KIMURA and S. SUGA, "Polaronic Behavior of Photoelectron Spectra of Fe₃O₄ Revealed by Both Hard X-Ray and Extremely Low Energy Photons," *J. Phys. Soc. Jpn.* **79**, 064710 (5 pages) (2010).

S. KIMURA, T. ITO, M. SAKAI, E. NAKAMURA, N. KONDO, K. HAYASHI, T. HORIGOME, M. HOSAKA, M. KATOH, T. GOTO, T. EJIMA and K. SODA, "SAMRAI: A Variably Polarized Angle-Resolved Photoemission Beamline in the VUV Region at UVSOR-II," *Rev. Sci. Instrum.* **81**, 053104 (7 pages) (2010).

Y. SAKAMOTO, T. HIRAHARA, H. MIYAZAKI, S. KIMURA and S. HASEGAWA, "Spectroscopic Evidence of a Topological Quantum Phase Transition in Ultrathin Bi₂Se₃ Films," *Phys. Rev. B* **81**, 165432 (4 pages) (2010).

T. HIRAHARA, Y. SAKAMOTO, Y. SAISYU, H. MIYAZAKI, S. KIMURA, T. OKUDA, I. MATSUDA, S. MURAKAMI and S. HASEGAWA, "A Topological Metal at the Surface of an Ultrathin Bi_{1-x}Sb_x Alloy Film," *Phys. Rev. B* **81**, 165422 (5 pages) (2010).

J. H. KIM, S. J. KIM, C. I. LEE, M. A. JUNG, H. J. OH, J.-S. RHYEE, Y. JO, H. MITANI, H. MIYAZAKI, S. KIMURA and Y. S. KWON, "Kondo-Like Behavior in Magnetic and Thermal Properties of Single-Crystal Tm₅Si₂Ge₂," *Phys. Rev. B* **81**, 104401 (8 pages) (2010).

S. R. PARK, W. S. JUNG, C. KIM, D. J. SONG, C. KIM, S. KIMURA, K. D. LEE and N. HUR, "Quasiparticle Scattering and the Protected Nature of the Topological States in a Parent Topological Insulator Bi₂Se₃," *Phys. Rev. B* **81**, 041405(R) (4 pages) (2010).

M. MULAZZI, A. CHAINANI, N. KATAYAMA, R. EGUCHI, M. MATSUNAMI, H. OHASHI, Y. SENBA, M. NOHARA, H. TAKAGI and S. SHIN, "Absence of Nesting in the Charge-Density-Wave System 1T-VS₂ as Seen by Photoelectron Spectroscopy," *Phys. Rev. B* **82**, 075130 (6 pages) (2010).

M. OKAWA, M. MATSUNAMI, K. ISHIZAKA, R. EGUCHI, M. TAGUCHI, A. CHAINANI, Y. TAKATA, M. YABASHI, K. TAMASAKU, Y. NISHINO, T. ISHIKAWA, K. KUGA, N. HORIE, S. NAKATSUJI and S. SHIN, "Strong Valence Fluctuation in the Quantum Critical Heavy Fermion Superconductor β-YbAlB₄: A Hard X-Ray Photoemission Study," *Phys. Rev. Lett.* **104**, 247201 (4 pages) (2010).

P. A. BHOBE, A. CHAINANI, M. TAGUCHI, T. TAKEUCHI, R. EGUCHI, M. MATSUNAMI, K. ISHIZAKA, Y. TAKATA, M. OURA, Y. SENBA, H. OHASHI, Y. NISHINO, M. YABASHI, K. TAMASAKU, T. ISHIKAWA, K. TAKENAKA, H. TAKAGI and S. SHIN, "Evidence for a Correlated Insulator to Antiferromagnetic Metal Transition in CrN," *Phys. Rev. Lett.* **104**, 236404 (4 pages) (2010).

M. TAGUCHI, A. CHAINANI, M. MATSUNAMI, R. EGUCHI, Y. TAKATA, M. YABASHI, K. TAMASAKU, Y. NISHINO, T. ISHIKAWA, S. TSUDA, S. WATANABE, C.-T. CHEN, Y. SENBA, H. OHASHI, K. FUJIWARA, Y. NAKAMURA, H. TAKAGI and S. SHIN, "Anomalous State Sandwiched between Fermi Liquid and Charge Ordered Mott-Insulating Phases of Ti₄O₇," *Phys. Rev. Lett.* **104**, 106401 (4 pages) (2010).

Y. TANAKA, S. P. COLLINS, S. W. LOVESEY, M. MATSUNAMI, T. MORIWAKI and S. SHIN, “Determination of Absolute Chirality of Tellurium: Resonant Diffraction with Circularly Polarized X-Rays,” *J. Phys.: Condens. Matter* **22**, 122201 (7 pages) (2010).

P. A. RAYJADA, A. CHAINANI, M. MATSUNAMI, M. TAGUCHI, S. TSUDA, T. YOKOYA, S. SHIN, H. SUGAWARA and H. SATO, “Kondo Scaling of the Pseudogap in $\text{CeOs}_4\text{Sb}_{12}$ and $\text{CeFe}_4\text{P}_{12}$,” *J. Phys.: Condens. Matter* **22**, 095502 (8 pages) (2010).

R. EGUCHI, H. YOSHIDA, Y. OKAMOTO, A. CHAINANI, M. MATSUNAMI, Y. ISHIDA, Y. SENBA, H. OHASHI, S. SHIN and Z. HIROI, “Resonant Photoemission Spectroscopy of Layered Triangular Lattices Ag_2MO_2 ($M = \text{Ni}$ and Mn); Evidences for M 3d States at Fermi Level,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **79**, 0230704 (4 pages) (2010).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

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**, 63–65 (2010).

H. MIYAZAKI, T. ITO, H. J. IM, K. TERASHIMA, T. IIZUKA, S. YAGI, M. KATO, K. SODA and S. KIMURA, “Change of Lattice Constant due to Hybridization Effect of a Ferromagnetic Semiconductor EuO ,” *J. Phys.: Conf. Series* **200**, 012124 (4 pages) (2010).

S. KIMURA, T. MIZUNO and T. IIZUKA, “Synchrotron Terahertz Spectroscopy of Solids under Extreme Conditions,” *AIP Conf. Proc.* **1214**, 71–74 (2010).

M. ADACHI, M. KATOH, H. ZEN, Y. TAIRA, J. YAMAZAKI, K. HAYASHI, S. KIMURA, T. TANIKAWA, M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAKASHIMA and T. TAKAHASHI, “Present Status and Upgrade Plan on Coherent Light Source Developments at UVSOR-II,” *Proc. IPAC’10* 2573–2575 (2010).

N. YAMAMOTO, M. SHIMADA, M. ADACHI, H. ZEN, T. TANIKAWA, Y. TAIRA, S. KIMURA, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, T. TAKAHASHI and M. KATOH, “Study of the Coherent Terahertz Radiation by Laser Bunch Slicing at UVSOR-II Electron Storage Ring,” *Proc. IPAC’10* 2570–2572 (2010).

M. SHIMADA, M. KATOH, M. ADACHI, T. TANIKAWA, S. KIMURA, M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAKASHIMA and T. TAKAHASHI, “Observation of Transverse-Longitudinal Coupling Effect at UVSOR-II,” *Proc. IPAC’10* 3650–3652 (2010).

H. OKAMURA, M. MATSUNAMI, R. KITAMURA, S. ISHIDA, A. OCHIAI and T. NANBA, “Infrared Studies of f Electron Systems under High Pressure Using Synchrotron Radiation,” *J. Phys.: Conf. Series* **215**, 012051 (6 pages) (2010).

H. OKAMURA, R. KITAMURA, M. MATSUNAMI, T. NANBA, H. SUGAWARA and H. SATO, “High Pressure Infrared Studies of Correlated Electron Materials at SPring-8,” *AIP Conf. Proc.* **1214**, 75 (3 pages) (2010).

B-3) 総説，著書

木村真一, 「テラヘルツシンクロトロン放射光；光学系と利用研究」*J. Vac. Soc. Jpn.* **53**, 399–405 (2010).

木村真一, 「放射光顕微赤外分光」*高分子分析入門* 講談社サイエンティフィック, pp. 75–83 (2010).

宮崎秀俊, 木村真一, 「希土類酸化物薄膜の将来展望」*機能材料* **30(1)**, 55–61 (2010).

M. MATSUNAMI, “Definitive Evidence for Fully Occupied 4f Electrons in YbS and Yb Metal,” *SPring-8 Research Frontiers 2009*, pp. 74–75 (2010).

B-4) 招待講演

S. KIMURA, "Infrared and Terahertz Synchrotron Radiation," SESAME-JSPS-KEK-Sabancı School, Antalya (Turkey), March 2010.

S. KIMURA, "Optical study on pressure-induced valence transition of CeIn_3 ," Festkörperphysikalisches Kolloquium, Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe, Dresden (Germany), July 2010.

S. KIMURA, "Infrared, terahertz and photoemission spectroscopy of correlated materials at UVSOR-II," The 2010 Users Meeting of National Synchrotron Radiation Laboratory, Lanzhou (China), August 2010.

I. KATAYAMA, H. SHIMOSATO, M. BITO, K. FURUSAWA, M. ADACHI, M. SHIMADA, H. ZEN, S. KIMURA, N. YAMAMOTO, M. HOSAKA, M. KATOH and M. ASHIDA, "Coherent Synchrotron Terahertz Radiation Using Electron Bunch Slicing," 35th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, Rome (Italy), September 2010.

木村真一, 「 $\text{CeOs}_2\text{Al}_{10}$ の光学伝導度とギャップの異方性」新学術領域研究「重い電子系の形成と秩序化」ワークショップ——希薄 f 電子格子系の新しい秩序——, 高知, 2010年8月.

松波雅治, 「近藤効果を示す $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$ の光電子分光」新学術領域研究「重い電子の形成と秩序化」ワークショップ——希薄 f 電子格子系の新しい秩序——, 高知, 2010年8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, 日本放射光学会・第5回若手奨励賞 (2001).

宮崎秀俊, 第17回学生による材料フォーラム奨励賞 (2007).

宮崎秀俊, 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学生会員口頭発表賞 (2008).

宮崎秀俊, 第18回学生による材料フォーラム奨励賞 (2008).

宮崎秀俊, PF 研究会「高分解能角度分解光電子分光研究と将来展望」優秀ポスター賞 (2008).

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

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-).
- 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-).
- (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-).
- (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

立命館大学 SR センター，特別研究員，2009年 4月–2010年 3月.

東京大学物性研究所，嘱託研究員，1995年 4月–.

(財)高輝度光科学研究センター，外来研究員，1999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).

(財)X線科学技術協会奨励研究助成,「多重極限環境下における物質の電子状態の赤外分光」木村真一 (2001年).

(財)X線科学技術協会海外研究者招聘助成金,「 CeSbNi_x ($x > 0.08$) の金属絶縁体転移の光学的研究」木村真一 (2000年).

科学技術振興事業団さきかけ研究2 1,「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).

科研費若手研究(スタートアップ)「強磁性基板によって誘起された常磁性体のスピン偏極電子状態」宮崎秀俊 (2009年–2010年).

C) 研究活動の課題と展望

2010年4月より，新たに松波雅治助教および森龍也博士研究員を迎え，研究体制を一新した。また，名古屋大学の伊藤孝寛准教授のグループとも大学院生の受け入れや共同のセミナーを行うなど，共同研究も順調に進行し，成果も上がっている。建設・調整を進めてきた真空紫外高分解能角度分解光電子分光ビームライン(BL7U)は順調にユーザー利用が行われ，成果が出始めている。このビームラインに加えて，これまでに立ち上げた三次元角度分解光電子分光ビームライン(BL5U)と赤外・テラヘルツ顕微分光ビームライン(BL6B)を使ったフェルミ準位極近傍の電子状態(フェルミオロジー)の研究の場が整備された。また，機能性薄膜試料を育成し，そのままの状態でも電子状態を評価する手法(in-situ 光電子，X線磁気円二色性)も確立し，順調に成果が出ている。今後，これらの放射光技術および薄膜資料作成技術を生かした研究を推進すると共に，テラヘルツおよび真空紫外のコヒーレント放射光を使った全く新しい方法論および新規電子分光法を開発し，物質科学に貢献していく方針である。

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) 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

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 2008年夏に建設した高分解能斜入射分光器を有する新しいアンジュレータビームライン，BL6Uでは，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/秒の性能を達成している。入射スリットレス配置の不等刻線平面回折格子を用いた可変偏角斜入射分光器は，低エミッタンス運転時にその威力を発揮する。特に2010年度前期より開始された，トップアップ運転モードの際には設計値に近い分光性能が得られることが確認されている。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った。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。今後重点的に展開するのは，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である。二原子分子については，多電子励起状態の崩壊過程における複雑な脱励起過程が明らかにされた。これらの実験研究は，従来，SPring-8のBL27SUで行われてきたが，これをBL6Uがカバーする低エネルギー領域に拡張し新たな国際共同研究を実施するべく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。2011年2～3月に，フランスよりニグループが来所し，国際共同研究を実施する予定である。
- b) 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。一つの光子の吸収により内殻電子と価電子が同時に放出される過程，或いは光二重電離過程における段階的過程の検出，更には，内殻電子が二つ放出される過程や価電子の三重光電離過程の観測にも成功した。これらの実験研究は，KEK-PFやドイツの放射光施設BESSYで行われてきたが，近年，同様の磁気ボトル型分析器をUVSORに整備し，テスト実験を行ってきた。また，SPring-8サイトに建設された深紫外の自由電子レーザー施設，SCSSに磁気ボトル型分析器を持ち込んだ共同研究も実施している。なお，磁気ボトル型分析器では分解能的に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に着手した。シミュレーションソフトを用いた基本設計を終え，具体的な設計を進めている。

B-1) 学術論文

H. IWAYAMA, K. NAGAYA, H. MURAKAMI, Y. OHMASA and M. YAO, “Coulomb Explosion Imaging of Bromobenzene and Bromophenol Molecules Following Br K-Shell Ionization,” *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **43**, 185207 (5 pages) (2010).

H. IWAYAMA, A. SUGISHIMA, K. NAGAYA, M. YAO, H. FUKUZAWA, K. MOTOMURA, X-J. LIU, A. YAMADA, C. WANG, K. UEDA, N. SAITO, M. NAGASONO, K. TONO, M. YABASHI, T. ISHIKAWA, H. OHASHI, H. KIMURA and T. TOGASHI, “Inhomogeneous Charge Redistribution in Xe Clusters Exposed to an Intense Extreme Ultraviolet Free Electron Laser,” *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **43**, 161001 (5 pages) (2010).

S. SHEINERMAN, P. LABLANQUIE, F. PENENT, Y. HIKOSAKA, T. KANEYASU, E. SHIGEMASA and K. ITO, “PCI Effects in Argon 2p Double Auger Decay Probed by Multielectron Coincidence Methods,” *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **43**, 115001 (9 pages) (2010).

E. SHIGEMASA, T. KANEYASU, T. MATSUSHITA, Y. TAMENORI and Y. HIKOSAKA, “Doppler Effect in Fragment Autoionization Following Core-to-Rydberg Excitations of N₂,” *New J. Phys.* **12**, 063030 (9 pages) (2010).

Y. HIKOSAKA, M. FUSHITANI, A. MATSUDA, C.-M. TSENG, A. HISHIKAWA, E. SHIGEMASA, M. NAGASONO, K. TONO, T. TOGASHI, H. OHASHI, H. KIMURA, Y. SENBA, M. YABASHI and T. ISHIKAWA, “Multiphoton Double Ionization of Ar in Intense Extreme Ultraviolet Laser Fields Studied by Shot-by-Shot Photoelectron Spectroscopy,” *Phys. Rev. Lett.* **105**, 133001 (4 pages) (2010).

Y. HIKOSAKA, T. TANEYASU, T. MATSUSHITA, Y. TAMENORI and E. SHIGEMASA, “Dissociation of Core-Valence Doubly Excited States in NO Followed by Atomic Auger Decay,” *J. Chem. Phys.* **133**, 154315 (4 pages) (2010).

R. GUILLEMIN, M. SIMON and E. SHIGEMASA, “Doppler Effect in Fragment Autoionization Following Core-to-Valence Excitation in O₂,” *Phys. Rev. A* **82**, 051401(R) (4 pages) (2010).

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–).

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).

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

第22回化学反応討論会実行委員 (2006).

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

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

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

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

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

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

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

我々の専用ビームラインであるBL6Uは、UVSOR 技術職員の献身的な支援を受けながら、計測システム及びビームライン全体の整備を行ってきた。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、SPring-8 では実施出来ない 250 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とが確認されている。このビームラインでは、分子の多電子励起状態の電子構造とその崩壊過程を二次元電子分光法によって解明する実験研究を行えるよう整備を進めている。実験システムの早期完成を目指して、種々のテスト実験を行いながら装置開発を続けて行く。BL6U 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。

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ニクスの展開

A-3) 研究活動の概略と主な成果

分子科学に関連して重要な波長域にレーザーの高輝度光を展開する為の固体レーザー，非線形波長変換法につき包括的な研究を進めている。特に近年のマイクロ固体フォトリニクス [マイクロチップ Nd:YVO₄ レーザー（1990年），Yb:YAG レーザー（1993年），セラミックレーザー（1997年），バルク擬位相整合（QPM）素子：大口径周期分極反転 MgO:LiNbO₃（PPMgLN）] 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，新たなフォトリニクスを創出するものと期待される。
- b) 光の発生，増幅，変換の高度制御を可能とする為の研究として，希土類イオンの発光・緩和機構の解明，固体中の光，エネルギー伝搬，さらにはマイクロドメイン構造と光子及び音子の相互作用機構解明，非線形光学過程の解明，モデル化を進めている。Yb レーザーの機構解明，Nd レーザーの直接励起可能性，希土類レーザーの励起光飽和特性，YVO₄ の高熱伝導率特性の発見，実証に繋がったばかりでなく，マイクロ共振器の高輝度効果，レーザー利得と非線形光学過程の量子相関などの興味深い展開も見せている。
- 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。エッジ励起セラミック Yb:YAG マイクロチップレーザーにおける連続波（CW）414W 発生（出力密度 200 kW/cm³），手のひらサイズ高輝度温度マイクロチップ Q スイッチレーザー（エネルギー：~4 mJ，光強度：~15 MW），200mJ 級の高効率・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ニクスで実証した。特に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

H. ISHIZUKI and T. TAIRA, “High Energy Quasi-Phase Matched Optical Parametric Oscillation Using Mg-Doped Congruent LiTaO₃ Crystal,” *Opt. Express* **18**, 253–258 (2010).

M. TSUNEKANE, T. INOHARA, A. ANDO, N. KIDO, K. KANEHARA and T. TAIRA, “High Peak Power, Passively Q-Switched Microlaser for Ignition of Engines,” *IEEE J. Quantum Electron.* **46**, 277–284 (2010).

N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “Enhancing Performances of a Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Microlaser with a Volume Bragg Grating Output Coupler,” *Opt. Lett.* **35**, 1617–1619 (2010).

G. MASADA, T. SUZUDO, Y. SATOH, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and A. FURUSAWA, “Efficient Generation of Highly Squeezed Light with Periodically Poled MgO: LiNbO₃,” *Opt. Express* **18**, 13114–13121 (2010).

J. AKIYAMA, Y. SATO and T. TAIRA, “Laser Ceramics with Rare-Earth-Doped Anisotropic Materials,” *Opt. Lett.* **35**, 3598–3600 (2010).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

T. TAIRA, “Bulk Quasi-Phase-Matched Device: Large Aperture PPMgLN and PPMgLT,” *SPIE Photonics West*, 7582-37 (2010). (*Invited Paper*)

J. AKIYAMA and T. TAIRA, “Development of Anisotropic Transparent Ceramics for Laser Media,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics 2010*, ATub3 (2010).

N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Laser with a Volume Bragg Gratings Output Coupler,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics 2010*, AWB18 (2010).

A. SUGITA, T. MATSUSHITA and T. TAIRA, “Design of High Average Power Mode-Locked Oscillator Based on Edge-Pumped all Ceramic Yb:YAG/YAG Microchip,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics 2010*, AWB24 (2010).

M. TSUNEKANE, T. TAIRA, T. INOHARA and K. KANEHARA, “Efficient Ignition of a Real Automobile Engine by a High Brightness, Passively Q-Switched Cr:YAG/Nd:YAG Micro-Laser,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics 2010*, AWE7 (2010).

T. TAIRA, “The Promise of Giant Micro Photonics,” *SOLID STATE LASERS. 50 YEARS AFTER* (2010). (*Invited*)

T. TAIRA, “Next Generation of Laser Ceramics Toward Giant Micro-Photonics,” *The 7th Asia Pacific Laser Symposium (APLS2010)*, Fr-R2-1 (2010). (*Invited*)

Y. SATO, T. TAIRA, V. SMIRNOV, L. GLEBOVA and L. GLEBOV, “Laser Oscillation of Nd³⁺-Doped Photo-Thermo-Refractive Glass under Diode Laser Pumping,” *The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2010)*, CTuJ4 (2010).

H. ISHIZUKI and T. TAIRA, “Continuously Tunable, High-Energy Mid-Infrared Optical-Parametric Oscillation by Angular Tuning of PPMgLN with Tilted QPM Structures,” *The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2010)*, JTuD73 (2010).

N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “Diode-Pumped Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Micro-Laser Controlled by Volume Bragg Gratings,” *The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2010)*, JTuD117 (2010).

T. TAIRA, “Giant Micro-Photonics: Domain Controlled Optical Materials,” *4th International Workshop on Photonic and Electronic Materials*, 40–41 (2010). (*Invited*)

T. TAIRA, “Advanced Laser Ceramics Toward Giant Micro Photonics,” *The 16th international conference on crystal growth/14th international conference on vapor growth and epitaxy (ICCG-16/ICVGE-14)* (2010). (Invited)

N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Laser with Enhanced Performances and Wavelength Tuning by a Volume Bragg Grating,” *4th EPS-QEOD Europhoton Conference*, TuP1 (2010).

M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “Diode Edge-Pumped, Composite Ceramic Nd:YAG Microchip Laser with Sm:YAG Pump Waveguide,” *4th EPS-QEOD Europhoton Conference*, WeP8 (2010).

T. TAIRA, “Micro Solid-State Photonics—New Photonics by Micro-Domain Controlled Materials,” *E-MRS 2010 Fall Meeting* (2010). (Invited)

T. TAIRA, “Laser Ignition of Combustion Engines for Cleaner Vehicles (Plenary),” *ICALEO—International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics*, P2 (2010). (Plenary Talk)

M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “Diode Edge-Pumped, Composite Ceramic Nd:YAG/Sm:YAG Microchip Lasers,” *Frontiers in Optics 2010*, FThG3 (2010).

T. TAIRA, “Anisotropic Ceramics as a Next Generation Laser,” *6th Laser Ceramics Symposium* (2010). (Invited)

B-3) 総説, 著書

N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA, “High Peak-Power Passively Q-Switched All-Ceramics Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Lasers,” *ROMOPTO 2009, Proc. of SPIE 7469*, 746903 (12 pages) (2009).

T. TAIRA, “High Brightness Microchip Laser and Engine Ignition,” *Rev. Laser Eng.* **38**, 576–584 (2010). (in Japanese).

平等拓範, 「光波特性制御マイクロチップレーザー——ジャイアントマイクロフォトリクス」の創成——」*光科学研究の最前線* 2, 強光子場科学研究懇談会, 42 (2009).

石垣直也, 宇野進吾, 齊川次郎, 門谷章之, 東條公資, 徳田勝彦, 渡辺一馬, 井戸豊, 平等拓範, 「全固体UVパルスレーザーの開発とその応用」*島津評論* 67, 13–21 (2010).

M. TSUNEKANE, T. INOHARA, K. KANEHARA and T. TAIRA, “Micro-Solid-State Laser for Ignition of Automobile Engines,” in *Advances in Solid-State Lasers: Development and Applications*, Mikhail Grishin, Ed., ISBN 978-953-7619-80-0, INTECH; Croatia, Chapter 10, pp. 195–212 (2010).

平等拓範, 「マイクロチップ固体レーザー」「レーザーディスプレイ」黒田和男, 山本和久, 栗村直 編, 第2章 光源技術, 第2.2節 波長変換, オプトロニクス社, 第2.2.2節, pp. 84–104 (2010).

B-4) 招待講演

T. TAIRA, “Bulk Quasi-Phase-Matched Device: Large Aperture PPMgLN and PPMgLT,” SPIE Photonics West, San Francisco (U.S.A.), January 2010.

平等拓範, 「固体レーザーの新展開: ジャイアントマイクロフォトリクス」第4回光材料・応用技術研究会, 早稲田大学, 東京, 2010年3月.

T. TAIRA, “Automobile Engine Ignition by High Brightness Micro-Laser,” First Workshop on Plasma-Assisted Combustion, Osaka University, Osaka, March 2010.

T. TAIRA, “The Promise of Giant Micro Photonics,” SOLID STATE LASERS. 50 YEARS AFTER, Tarragona (Spain), March 2010.

T. TAIRA, "Giant Micro-Photonics by New Domain Controlling," ETH-OPTeth-Laser Seminar, Zurich (Switzerland), March 2010.

平等拓範,「高輝度マイクロチップレーザー」光電相互変換第125委員会「本委員会第208回研究会」日本学術振興会, 東京理科大学, 東京, 2010年5月.

T. TAIRA, "Next Generation of Laser Veramics Toward Giant Micro-Photonics," The 7th Asia Pacific Laser Symposium (APLS2010), Jeju Island (Korea), May 2010.

T. TAIRA, "Giant Micro-Photonics: Domain Controlled Optical Materials," 4th International Workshop on Photonic and Electronic Materials, San Sebastian (Spain), July 2010.

T. TAIRA, "Advanced Laser Ceramics Toward Giant Micro Photonics," The 16th international conference on crystal growth/ 14th international conference on vapor growth and epitaxy (ICCG-16/ICVGE-14), Beijing (China), August 2010.

T. TAIRA, "State-of-the Art Micro Solid-State Photonics," University of Twente, Enschede (Netherlands), September 2010.

T. TAIRA, "Micro Solid-State Photonics—New Photonics by Micro-Domain Controlled Materials," E-MRS 2010 Fall Meeting, Warsaw University of Technology, Warsaw (Poland), September 2010.

T. TAIRA, "Laser Ignition of Combustion Engines for Cleaner Vehicles (Plenary)," ICALEO—International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics, Anaheim (U.S.A.), September 2010.

平等拓範,「自動車産業における光省エネ」第2回光材料・応用技術研究会, パシフィコ横浜, 神奈川, 2010年10月.

平等拓範,「ジャイアントマイクロフォトニクスの開拓世界」レーザー衝撃と応用技術専門委員会, レーザー学会, 浜松ホトニクス東京支店, 東京, 2010年10月.

宮崎充彦, 齋川次郎, 石月秀貴, 平等拓範, 藤井正明,「ZGP/PPLN/色素レーザーによる中赤外波長可変レーザーを用いた超音速分子線レーザー分光」日本光学会年次学術講演会, 中央大学, 東京, 2010年11月.

平等拓範,「マイクロ固体フォトニクスの展開——高輝度マイクロチップレーザーとエンジン点火などの応用——」第78回研究会(第50回レーザー技術セミナー)中部レーザー応用技術研究会, 名古屋, 2010年11月.

平等拓範,「受動Qスイッチ型μチップレーザーの高輝度化とエンジン点火」第34回レーザー協会セミナー, レーザ協会, 東京, 2010年11月.

T. TAIRA, "Anisotropic Ceramics as a Next Generation Laser," 6th Laser Ceramics Symposium, Munster (Germany), December 2010.

B-5) 特許出願

特願 2009-287546,「半導体レーザー励起によるエンジン点火用固体レーザー装置」常包正樹, 平等拓範, 金原賢治(自然科学研究機構, (株)日本自動車部品総合研究所) 2009年.

特願 2010-006562,「半導体レーザー励起固体レーザー装置」常包正樹, 平等拓範(自然科学研究機構) 2010年.

特願 2010-032011,「多点点火用半導体レーザー励起固体レーザーアレイ装置」常包正樹, 平等拓範, 金原賢治(自然科学研究機構, (株)日本自動車部品総合研究所) 2010年.

B-6) 受賞, 表彰

齋川次郎, 応用物理学会北陸支部発表奨励賞 (1998).

平等拓範, 第23回(社)レーザー学会業績賞(論文賞)(1999).

平等拓範, 第1回(財)みやぎ科学技術振興基金研究奨励賞 (1999).

池末明生, 鈴木敏之, 佐々木優吉, 平等拓範, 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).
池末明生, 平等拓範, 吉田國雄,(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).

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-).
NEDO 評価委員(2005-2006).
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).
米国光学学会 Optical Society of America (OSA) 非線形光学テクニカル・グループ議長(米国ワシントンDC)
応用物理学会日本光学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-).
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–).

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).

OEECC2008「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–).

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

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

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 (2008–2009).

日本学術振興会第130委員会委員 (2007–), 幹事 (2008–).

その他

愛知県産業労働部愛知県若手奨励賞審査員 (2007–).

日本原子力研究開発機構研究業績評価委員会委員 (2008).

B-8) 大学での講義, 客員

豊橋技術科学大学ナノフォトニクス情報テクノロジーリサーチセンター, 客員教授, 2010年.
総合研究大学院大学物理科学研究科, 「光物理」2010年前期.

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)「大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-).
 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-).
 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-).

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(2010年).
 (株)日本自動車部品総合研究所,「中赤外 4.3 μmCW レーザによるCO₂濃度計測の研究」平等拓範(2010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(2010年).
 (株)リコー,「面発光型高出力レーザー光源の研究」平等拓範(2010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二倍波（400 nm）と，近赤外の光パラメトリック増幅の出力（1300 nm）とを気体中（ネオン）に集光し，237 nmと167 nmの超短光パルスを発生させることに成功した。この実験は，前職の理化学研究所で行われた。分子研では，その手法を赤外光（3-20 μm ）パルス発生に適用させることをめざし，準備を進めている。
- b) 前述の研究によって発生した紫外光（237 nm）パルスの位相を制御し，パルス幅を最適化する研究を行った。パルス整形技術は近年，可視光から赤外領域で大きく発展しており，様々な形のパルスを作ることができるようになってきているが，紫外領域は固体結晶の透過領域，損傷などが問題で，技術的に大きな困難がある。この研究では，波長変換前の近赤外光の位相を制御することによって，波長変換後の紫外光パルスの位相を制御することを行った。紫外光パルスは，基本的には差周波混合過程によって発生しているため，近赤外光と位相の時間変化が逆方向に転写される。近赤外光，紫外光の位相は，それぞれ，周波数分解光ゲート法（FROG）によって，測定し，近赤外光の位相が転写される様子を観測した。この実験も，前職の理化学研究所で行われた研究であり，分子研では，その手法を，赤外領域（3-20 μm ）の発生に応用することを考えている。
- 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。ピラジン（ $\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2$ ）やフラン（ $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}$ ）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。この研究も，前職の理化学研究所で行われた研究であり，分子研では，赤外光パルス（3-20 μm ）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

P. DOMBI, S. E. IRVINE, P. RÁCZ, M. LENNER, N. KROÓ, G. FARKAS, A. MITROFANOV, A. BALTUŠKA, T. FUJI, F. KRAUSZ and A. Y. ELEZZABI, “Observation of Few-Cycle, Strong-Field Phenomena in Surface Plasmon Fields,” *Opt. Express* **18**, 24206–24212 (2010).

P. ZUO, T. FUJI and T. SUZUKI, “Spectral Phase Transfer to Ultrashort UV Pulses through Four-Wave Mixing,” *Opt. Express* **18**, 16183–16192 (2010).

Y.-I. SUZUKI, T. FUJI, T. HORIO and T. SUZUKI, “Time-Resolved Photoelectron Imaging of Ultrafast $S_2 \rightarrow S_1$ Internal Conversion through Conical Intersection in Pyrazine,” *J. Chem. Phys.* **132**, 174302 (8 pages) (2010).

S. Y. LIU, Y. OGI, T. FUJI, K. NISHIZAWA, T. HORIO, T. MIZUNO, H. KOHGUCHI, M. NAGASONO, T. TOGASHI, K. TONO, M. YABASHI, Y. SENBA, H. OHASHI, H. KIMURA, T. ISHIKAWA and T. SUZUKI, “Time-Resolved Photoelectron Imaging Using a Femtosecond UV Laser and a VUV Free-Electron Laser,” *Phys. Rev. A* **81**, 031403 (4 pages) (2010).

T. FUJI, Y.-I. SUZUKI, T. HORIO, T. SUZUKI, R. MITRIĆ, U. WERNER and V. BONAČIĆ-KOUTECKY, “Ultrafast Photodynamics of Furan,” *J. Chem. Phys.* **133**, 234303 (9 pages) (2010).

N. KUSE, Y. NOMURA, A. OZAWA, M. KUWATA-GONOKAMI, S. WATANABE and Y. KOBAYASHI, “Self-Compensation of Third-Order Dispersion for Ultrashort Pulse Generation Demonstrated in an Yb Fiber Oscillator,” *Opt. Lett.* **35**, 3868–3870 (2010).

P. HEISLER, R. HÖRLEIN, M. STAFE, J. M. MIKHAILOVA, Y. NOMURA, D. HERRMANN, R. TAUTZ, S. G. RYKOVANOV, I. B. FÖLDES, K. VARJÚ, F. TAVELLA, A. MARCINKEVICIUS, F. KRAUSZ, L. VEISZ and G. D. TSAKIRIS, “Toward Single Attosecond Pulses Using Harmonic Emission from Solid-Density Plasmas,” *Appl. Phys. B* **101**, 511–521 (2010).

R. HÖRLEIN, Y. NOMURA, P. TZALLAS, S. G. RYKOVANOV, B. DROMEY, J. OSTERHOFF, ZS. MAJOR, S. KARSCH, L. VEISZ, M. ZEPF, D. CHARALAMBIDIS, F. KRAUSZ and G. D. TSAKIRIS, “Temporal Characterization of Attosecond Pulses Emitted from Solid-Density Plasmas,” *New J. Phys.* **12**, 043020 (2010).

S. ADACHI, N. ISHII, Y. NOMURA, Y. KOBAYASHI, J. ITATANI, T. KANAI and S. WATANABE, “1.2 mJ Sub-4-fs Source at 1 kHz from an Ionizing Gas,” *Opt. Lett.* **35**, 980–982 (2010).

S. ADACHI, N. ISHII, Y. KOBAYASHI, Y. NOMURA, J. ITATANI, T. KANAI and S. WATANABE, “Carrier-Envelope Phase Control of Few-Cycle Parametric Chirped-Pulse Amplifier,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **49**, 032703 (4 pages) (2010).

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-Energy Map of Photoelectron Angular Anisotropy for Investigation of Ultrafast Internal Conversion,” *Ultrafast Phenomena 2010* ThB6 (2010).

T. FUJI, P. ZUO and T. SUZUKI, “Ultrashort UV Pulse Generation by Four-Wave Mixing through Filamentation,” *ICONO/LAT 2010* ITu1 (2010). (invited)

S. Y. LIU, Y. OGI, T. FUJI, K. NISHIZAWA, T. HORIO, T. MIZUNO, H. KOHGUCHI, M. NAGASONO, T. TOGASHI, K. TONO, M. YABASHI, Y. SENBA, H. OHASHI, H. KIMURA, T. ISHIWAKA and T. SUZUKI, “Time-Resolved Photoelectron Imaging Using a Femtosecond UV Laser and a VUV Free-Electron Laser,” *VUVX2010* 6PL3 (2010).

Y. OGI, S. Y. LIU, T. FUJI, K. NISHIZAWA, T. HORIO, T. MIZUNO, H. KOHGUCHI, M. NAGASONO, T. TOGASHI, K. TONO, M. YABASHI, Y. SENBA, H. OHASHI, H. KIMURA, T. ISHIWAKA and T. SUZUKI, “Time-Resolved Photoelectron Imaging on Pyrazine Using a Femtosecond UV Laser and a VUV Free-Electron Laser,” *Pacificchem 2010* ID#1569 (2010).

J. M. MIKHAILOVA, P. HEISSLER, R. HOERLEIN, M. STAFE, Y. NOMURA, D. HERRMANN, R. TAUTZ, S. RYKOVANOV, I. FOELDES, K. VARJU, F. TAVELLA, A. MARCINKEVICIUS, F. KRAUSZ, M. ZEPF, L. VEISZ and G. D. TSAKIRIS, “Broadband Relativistic High-Harmonic Generation Using Few-Cycle Multiterawatt Light Pulses,” *Frontiers in Optics 2010, Laser Science XXVI* (2010).

N. KUSE, M. KUWATA-GONOKAMI, Y. NOMURA, S. WATANABE and Y. KOBAYASHI, “Experimental Study of Pulse Evolution in a 30-fs Mode-Locked Yb-Fiber Oscillator,” *Conference on Lasers and Electro-Optics/Quantum Electronics and Laser Science* (2010).

Y. KOBAYASHI, Y. NOMURA and S. WATANABE, “1.3-GHz, 20-W, Femtosecond Chirped-Pulse Amplifier System,” *Conference on Lasers and Electro-Optics/Quantum Electronics and Laser Science* (2010).

B-4) 招待講演

藤 貴夫, 「15 フェムト秒紫外光パルスを用いた光電子イメージング分光」静岡大学光学部プロジェクト第三回研究会 光と電子の変換の科学, 浜松, 2010年3月.

T. FUJI, P. ZUO and T. SUZUKI, “Ultrashort UV pulse generation by four-wave mixing through filamentation,” *ICONO/LAT 2010, Kazan (Russia)*, August 2010.

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).

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-.

総合研究大学院大学物理科学研究科, 「光物理」2010年前期.

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).

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).

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。当面の目標としては、3-20 μm にわたる広帯域な赤外光を発生させることを挙げているが、そのような広帯域において位相を揃えて重ね合わせ、分光で利用できる光パルスとするには、様々なハードルがある。まず、スペクトルの測定装置について、市販の分光器では、帯域や、光パルスのデータ取得法において、問題が多いので、現在、真空中で動作するフーリエ赤外分光装置を自作している。チタンサファイアレーザーが2011年2月に導入される予定であり、それを使って本格的な実験をスタートする。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。