

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) 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で観測すること等が可能になると予測している。
- b) 所内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，糖鎖とカーボンナノチューブの複合体等に関して，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，多光子重合反応を見だし，解析を進めた。またポリジアセチレン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開始した。糖鎖とカーボンナノチューブの複合体では，ナノチューブ単体では見られない特徴的な分光学的性質の解析を行った。
- 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。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が，その理論的解釈について，所外との共同研究を行い，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。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。また金属微粒子を用いた新たなイメージング法の開発，光反応場の研究への展開の可能性を探っている。

B-1) 学術論文

Y. JIANG, N. N. HORIMOTO, K. IMURA, H. OKAMOTO, K. MATSUI and R. SHIGEMOTO, “Bioimaging with Two-Photon-Induced Luminescence from Triangular Nanoplates and Nanoparticle Aggregates of Gold,” *Adv. Mater.* **21**, 2309–2313 (2009).

K. IMURA and H. OKAMOTO, “Properties of Photoluminescence from Single Gold Nanorods Induced by Near-Field Two-Photon Excitation,” *J. Phys. Chem. C* **113**, 11756–11759 (2009).

K. IMURA, Y. C. KIM, S. KIM, D. H. JEONG and H. OKAMOTO, “Two-Photon Imaging of Localized Optical Fields in the Vicinity of Silver Nanowires Using a Scanning Near-Field Optical Microscope,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **11**, 5876–5881 (2009).

B-3) 総説，著書

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Near-Field Optical Imaging of Enhanced Electric Fields and Plasmon Waves in Metal Nanostructures,” *Prog. Surf. Sci.* **84**, 199–229 (2009).

岡本裕巳，井村考平，「増強電場の空間分布と波動関数の近接場イメージング」*機能材料* **29** (11), 49–55 (2009).

岡本裕巳，「プラズモンのイメージング」*「プラズモンナノ材料の最新技術」* 山田 淳監修，シーエムシー出版，pp. 105–115 (2009).

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Near-Field Optical Imaging of Localized Plasmon Resonances in Metal Nanoparticles,” *Molecular Nano Dynamics, Volume I: Spectroscopic Methods and Nanostructures*, H. Fukumura, M. Irie, Y. Iwasawa, H. Masuhara, K. Uosaki, Eds., Wiley-VCH; Weinheim, pp. 39–54 (2009).

B-4) 招待講演

井村考平，「近接場分光法によるプラズモン波動関数の研究」分子研研究会「プラズモニク物質と分子科学研究」岡崎，2009年1月。

井村考平，岡本裕巳，「近接場光学顕微鏡による局在プラズモンの研究」日本顕微鏡学会 走査プローブ顕微鏡分科会 平成20年度研究会，金沢，2009年1月。

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Static and Dynamic Near-Field Spectroscopy of Nanomaterials,” Indo-Japan Bilateral Symposium on “Recent Progress in Spectroscopy and Theory in Chemistry,” Kolkata (India), March 2009.

岡本裕巳，井村考平，「近接場顕微分光に基づく金属ナノ構造における局在光電場分布の可視化」第56回応用物理学関係 連合講演会，つくば，2009年4月。

K. IMURA and H. OKAMOTO, “Near-Field Optical Imaging of Plasmonic Nanostructures,” Japan-Korea Symposium on Molecular Science 2009 “Chemical Dynamics in Materials and Biological Molecular Sciences,” Awaji (Japan), July 2009.

岡本裕巳，「プラズモンと増強電場の光学イメージング」化学者のためのプラズモン講座，東京，2009年9月。

H. OKAMOTO and K. IMURA, “Near-Field Optical Imaging of Plasmon Wavefunctions and Nano Electric Fields,” International Workshop on Electronic Spectroscopy for Gas-phase Molecules and Solid Surfaces 2009, Matsushima (Japan), October 2009.

岡本裕巳，井村考平，「近接場顕微分光に基づく金属ナノ構造における局在光電場分布と励起波動関数の可視化」第10回 エクストリーム・フォトリクス研究会，和光，2009年11月。

井村考平, 岡本裕巳, 「プラズモニック物質のナノ分光研究」理研シンポジウム / 第1回日本分光学会ナノ分光部会シンポジウム「SPMを用いたナノ分光及びセンシング技術」和光, 2009年11月.

H. OKAMOTO and K. IMURA, “What Can Be Imaged for Metal Nanostructures by Near-Field Microscopy? —Visualization of Localized Optical Fields and Plasmonic Wavefunctions—,” Second International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka (Japan), November 2009.

K. IMURA and H. OKAMOTO, “Visualization of Plasmonic Wavefunctions and Optical Fields Using Near-Field Optical Microscope,” The 7th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics, Jeju (Korea), November 2009.

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).

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).

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).

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, 「分子分光基礎論」2009年12月7日-9日.

東京工業大学大学院理工学研究科(理学系専攻), 「化学特別講義第二」2009年12月21日-22日.

B-10) 競争的資金

日本学術振興会科研費基盤研究(B), 「電荷分離した励起状態の分子構造とダイナミクス: ピコ秒赤外分光法による研究」岡本裕巳(1999年-2000年).

日本学術振興会科研費基盤研究(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-2005年).

文部科学省科研費若手研究(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-2005年).

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).

日本学術振興会科研費萌芽研究, 「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).

文部科学省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).

日本学術振興会科研費基盤研究(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-).

文部科学省科研費若手研究(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-).

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).

文部科学省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, 「プラズモニク物質の波動関数の光制御とその応用」井村考平(2008年-).

日本学術振興会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-).

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が進展している。有機分子系では所内外との共同研究も数件行い, 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, 今年度はその理論解析も進み, 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。現在これらを次のフェーズに発展させるべく努力を続けており, これ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おり, 今少して 20 fs 程度の時間分解能が可能な段階に来ている。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つつあり, それらを発展させる方向も継続して積極的に進める。

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) 超高速分子回転オリエンテーションの実現
- 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) 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

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。2原子分子に関する研究に加えて，多原子分子の典型例としてベンゼンについて重点的に研究を行ない，特に，ダブルパルス励起を用いた実験により，初期回転状態によって励起経路が顕著に変化することを明らかにした。
- b) 角運動量ベクトルの方向が揃った状態であるオリエンテーションを実現することは，原子・分子に関する様々な物理過程で重要視されてきている。従来の研究では円偏光が利用されてきたが，タイミングと偏光面を調節した直線偏光パルス対による非断熱励起を用いれば，回転角運動量のオリエンテーションが実現できることを初めて明らかにした。本手法は，ピコ秒程度でオリエンテーションが完了し，さらに，古典的な右もしくは左回転に対応する量子波束を生成することが大きな特徴である。
- c) 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，ベンゼンクラスター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，分子間相互作用ポテンシャルが精度良く決定されている NO-Ar クラスターを対象に取り上げ，非断熱励起後の状態分布について詳細に検討を加えるために，電子励起スペクトルの系統的な測定を行った。この際，新規に真空チャンバーと高繰り返しパルス色素レーザーを導入して，測定効率の大幅な向上を実現した。
- 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する分光学的研究を進めている。本年度は，その中でも最も結合の弱いベンゼン-He 系について，2色のレーザーを利用した共鳴2光子イオン化によって電子スペクトルを測定した。単一縦モードナノ秒パルス光源を利用した高分解能の計測によって，各種分光定数を高精度で決定することができた。
- e) コヒーレント状態分布移動における新しい方法論として，チャープパルスを利用した非共鳴誘導ラマン分光を理論的に検討し，高い分布移動能力と汎用性を両立しうることを明らかにした。さらに，当分光法を実現しうる新奇なコヒーレント光源として，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。

- f) 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ている。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イオン化ダイナミクス、特に、角度依存性との相関関係を明らかにした。

B-1) 学術論文

K. KITANO, H. HASEGAWA and Y. OHSHIMA, “Ultrafast Angular-Momentum Orientation by Linearly Polarized Laser Fields,” *Phys. Rev. Lett.* **103**, 223003 (4 pages) (2009).

Y. SENBA, K. YOSHIDA, S. KASAHARA, C. -K. NI, Y. -C. HSU, S. H. LIN, Y. OHSHIMA and M. BABA, “Rotationally Resolved Ultrahigh-Resolution Laser Spectroscopy of the $S_2 \ ^1A_1 \leftarrow S_0 \ ^1A_1$ Transition of Azulene,” *J. Chem. Phys.* **131**, 024303 (6 pages) (2009).

M. BABA, M. SAITOH, Y. KOWAKA, K. TAGUMA, K. YOSHIDA, Y. SENBA, S. KASAHARA, T. YAMANAKA, Y. OHSHIMA, Y. -C. HSU and S. H. LIN, “Vibrational and Rotational Structure and Excited-State Dynamics of Pyrene,” *J. Chem. Phys.* **131**, 224318 (10 pages) (2009).

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 in Intense Laser Field,” *Proc. SPIE Vol. 7027*, 70271F (10 pages) (2008).

B-4) 招待講演

H. HASEGAWA, “Coherent dynamics of molecular rotation and vibration induced by nonresonant intense femtosecond laser fields,” East Asian Workshop on Chemical Reaction, National Taiwan University, Taipei (Taiwan), March 2009.

H. HASEGAWA, “Coherent rotational and vibrational dynamics of small molecules induced by nonresonant intense femtosecond laser fields,” The Chemical Society of Japan, the 89th Annual meeting, Asian international symposium, Nihon University, Funabashi (Japan), March 2009.

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).

分子構造総合討論会運営委員 (2004–2006).

分子科学会運営委員 (2006–).

分子科学会幹事 (2008–).

日本分光学会先端レーザー分光部会幹事 (2006–).

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).

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, 「分子分光基礎論」 2009年12月7日–9日.

岡山大学大学院自然科学研究科, 「光と分子のコヒーレントダイナミクス」 2009年11月30日–12月1日.

B-10) 競争的資金

日本学術振興会科研費基盤研究(B), 「微視的溶媒和による無輻射過程の制御機構の解明」 大島康裕 (1998年–2000年).

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).

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

文部科学省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).

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

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

文部科学省科研費若手研究(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).

日本学術振興会科研費萌芽研究, 「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).

文部科学省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–2009年).

文部科学省科研費若手研究(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).

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いつつある。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フェーズに間もなく移行できると期待している。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、ようやく本格的に実験に取り組める体制が整った。今後は、超流動との関連性から興味を持たれているベンゼン-(He)_n やπ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。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、複数のコヒーレントパルス光源を利用した断熱的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
- f) 高精度の化学反応制御

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

- e) 分子の振動波束を構成する振動固有状態の振幅と位相を強レーザー場で制御することに成功した。
- f) アト秒精度のコヒーレント制御法を開発したことによって電子励起状態を介した反応制御が可能になった。今後、多原子分子の光解離過程への応用を計画している。

B-1) 学術論文

H. KATSUKI, H. CHIBA, C. MEIER, B. GIRARD and K. OHMORI, “Actively Tailored Spatiotemporal Images of Quantum Interference on the Picometer and Femtosecond Scales,” *Phys. Rev. Lett.* **102**, 103602 (2009).

B-2) 総説, 著書

K. OHMORI, “Wave-Packet and Coherent Control Dynamics,” *Annu. Rev. Phys. Chem.* **60**, 487–511 (2009).

大森賢治, 「アト秒精度で制御する; アト秒ピコメートル精度の時空間コヒーレント制御」*化学と工業* **62**, 796–799 (2009).

大森賢治, 「量子のさざ波を光で制御する」*学術の動向* 3月号, 26–29 (2009).

香月浩之, 「アト秒精度の分子波束干渉制御」*応用物理* **78**, 131–140 (2009).

B-4) 招待講演

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」*応用物理学会・量子エレクトロニクス研究会「アト秒・高強度レーザー科学の可能性を探る——多方面への応用に向けて——」* 軽井沢, 2009年1月.

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」*物性研短期研究会「第2回極限コヒーレント光科学ワークショップ」* 柏, 2009年3月.

大森賢治, 「量子コヒーレンスの極限と制御; 極低温原子集団からパルク固体まで」*超高速時間分解光計測研究会*, 浜松, 2009年3月.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precisions,” *COAST/CORAL Symposium on Ultrafast Intense Laser Science in Karuizawa*, Karuizawa (Japan), March 2009.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precisions,” *ACS 237th National Meeting*, Salt Lake City (U.S.A.), March 2009.

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」*コヒーレント制御研究準備会*, 木津, 2009年6月.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precisions,” *The Third International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-3)*, Yokohama (Japan), June 2009.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precisions,” *The Center for Advanced Photonics Research Laser Science Seminar Series*, Temple University, Philadelphia (U.S.A.), June 2009.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precision,” *Gordon Research Conference on “Atomic Physics,”* Tilton (U.S.A.), June–July 2009.

K. OHMORI, “Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precision,” *MIT–Harvard Center for Ultracold Atoms Special Seminar*, Harvard University, Cambridge (U.S.A.), July 2009.

大森賢治, 「量子さざ波——量子の波を光で制御する——」*東京大学大学院理学系研究科理学部化学教室第1344回雑誌会セミナー*, 東京, 2009年7月.

大森賢治, 「原子のさざ波と不思議な量子の世界」*岩手大学技術部工学系技術室特別講演会*, 盛岡, 2009年8月.

K. OHMORI, "Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precision ~ from ultracold atoms to bulk solid," Oregon Center for Optics Annual Retreat 2009, McMinnville (U.S.A.), September 2009.

大森賢治, 「量子のさざ波を光で制御する～極低温分子からパルク固体まで～」超高速過程における量子コヒーレンスの観測と制御～固体・生体分子ダイナミクスから量子情報処理まで～, 仙台, 2009年12月.

大森賢治, 「Spatiotemporal coherent control with picometer and attosecond precisions」JST/CREST 第4回量子情報ワークショップ, 熱海, 2009年12月.

K. OHMORI, "Spatiotemporal Coherent Control with Picometer and Attosecond Precision ~ From Laser-Cooled Atoms to Bulk Solid," The 4th Winter School of Asian CORE Program "New Perspectives in Material, Photo and Theoretical Molecular Sciences," Seoul (Korea), December 2009.

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～極低温分子からパルク固体まで～」光量子科学研究センター・レーザーアライアンス 合同シンポジウム/第5回 先端光量子科学アライアンスセミナー, 東京, 2009年12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–).

原子衝突研究協会運営委員 (2006–).

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

東京工業大学, 総合科目C「極端条件におけるサイエンス」,「アト秒ピコメートル精度の時空間コヒーレント制御～量子のさざ波を光で制御する～」2009年6月23日.

東京大学大学院理学系研究科,「物理化学特論I」2009年7月22-23日.

Sokendai Asian Winter School “Molecular Science—Central Role in Multidisciplinary Fields,” “Exploring Quantum/Classical Boundary,” 2009年12月1日-4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

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

日本学術振興会特別研究員奨励費,「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).

日本学術振興会特別研究員奨励費,「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).

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

文部科学省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).

文部省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，マトリックス分離した分子，低温で凝縮させた分子，液体・溶液（溶質，溶媒）分子の電子構造を比較するために，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（電子構造そのものが局在しているわけではない）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。サイズに依存したいろいろなサイト（角，末端，面，クラスター内部など）での分子間相互作用を区別し，それらの成分比から混合クラスターの大きさや構造までも推定した。分子イオンの電荷分布が電子状態により違うこともわかった。さらに，内殻励起軟 X 線吸収エネルギーのシフト量（赤方，青方の違いもある）からベンゼン環を含む分子のクラスターの分子間配向を解明した。
- 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。特に軟 X 線発光を観測する装置は従来のものと全く違う新しい発想でデザインしたもので，有機デバイス材料の評価に利用を開始し，結晶と非晶質で電子構造のわずかな違いを見つけることに成功した。
- 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

E. OTERO, N. KOSUGI and S. URQUHART, "Strong Double Excitation and Open-Shell Features in the Near-Edge X-Ray Absorption Fine Structure Spectroscopy of Ferrocene and Ferrocenium Compounds," *J. Chem. Phys.* **131**, 114313 (8 pages) (2009).

- V. KIMBERG, N. KOSUGI and F. GEL'MUKHANOV**, "Theoretical Studies of Angle-Resolved Ion Yield Spectra of Core-to-Valence Transitions of Acetylene," *J. Chem. Phys.* **130**, 114302 (10 pages) (2009).
- Y. VELKOV, V. KIMBERG, N. KOSUGI, P. SALEK and F. GEL'MUKHANOV**, "Origin of Fine Structures on the Dissociative $1s \rightarrow \sigma^*$ Resonance in X-Ray Absorption Spectra of O_2 ," *Chem. Phys. Lett.* **476**, 147–150 (2009).
- H. S. KATO, R. HIRAKAWA, F. YAMAUCHI, T. MINATO, M. KAWAI, T. HATSUI and N. KOSUGI**, "Electronic State Observation of Inner Organic Thin Films beneath Electrodes: Fluorescence-Yield X-Ray Absorption Spectra of Pentacene Derivative Films," *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **174**, 93–99 (2009).
- I. NAKAI, H. KONDOH, T. SHIMADA, M. NAGASAKA, R. YOKOTA, T. KATAYAMA, K. AMEMIYA, H. ORITA and T. OHTA**, "Mechanism of N plus NO Reaction on Rh(111) Surfaces: A precursor-Mediated Reaction," *J. Phys. Chem. C* **113**, 13257–13265 (2009).
- M. NAGASAKA, H. KONDOH, K. AMEMIYA, T. OHTA and Y. IWASAWA**, "Proton Transfer in Water-Hydroxyl Mixed Overlayers on Pt(111): Combined Approach of Laser Desorption and Spatially-Resolved X-Ray Photoelectron Spectroscopy," *Surf. Sci.* **603**, 1690–1695 (2009).
- H. YAMANE, K. KANAI, Y. OUCHI, N. UENO and K. SEKI**, "Impact of Interface Geometric Structure on Organic–Metal Interface Energetics and Subsequent Films Electronic Structure," *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **174**, 28–34 (2009).
- T. IWAHASHI, T. NISHI, H. YAMANE, T. MIYAMAE, K. KANAI, K. SEKI, D. KIM and Y. OUCHI**, "Surface Structural Study on Ionic Liquids Using Metastable Atom Electron Spectroscopy," *J. Phys. Chem. C* **113**, 19237–19243 (2009).
- S. KERA, H. YAMANE and K. SEKI**, "First-Principles Measurements of Charge Mobility in Organic Semiconductors: Valence Hole-Vibration Coupling in Organic Ultrathin Films," *Prog. Surf. Sci.* **84**, 135–154 (2009).

B-4) 招待講演

N. KOSUGI, "Molecular Inner-shell Spectroscopy: Experiment and Theory in Gas, Cluster, Liquid, and Solid Phases," Jean Perrin Seminar, Université Pierre et Marie Curie, Paris (France), June 2009.

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).

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 シンクロトロ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 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).

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

フランス国立研究機構 ANR 基盤研究審査員 (2009–2010).

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), 国際学会等派遣事業委員会委員 (2009).

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).

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–).

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–), 放射光科学国際諮問委員会電子物性分科会委員 (2008).

台湾放射光科学国際諮問委員会委員 (2008–).

B-8) 大学等での講義, 客員

Université Pierre et Marie Curie, Laboratoire de Chimie Physique-Matière et Rayonnement, 客員教授, 2008年–2009年.

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).

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

文部科学省科研費若手研究(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).

文部科学省科研費若手研究(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

測定対象の現象としてはこれまでの内殻励起過程から脱励起過程に研究の重点をシフトし, 測定対象の物質系としてはこれまでの孤立分子系や分子固体を中心とした研究からクラスターや液体・溶液の研究に重点をシフトしている。そのため, 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べく実験装置と理論計算コードを整備した。内殻励起状態を中間状態とする二次光学過程では, 寿命の短い内殻励起状態の寿命幅に支配されない高分解能分光が可能となるが, 遷移確率の少ない過程でもあるので, 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。そこで, 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, 光電子分光システムと高分解能軟X線発光分光システムの開発に取り組んだ。現在, 完全に入れ替わった新しい研究室メンバーによって, 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。偏光に対して水平または垂直方向に飛来した解離イオンを検出することで，励起状態の対称性を分離した吸収スペクトルを測定した。続いて，「フラーレンの極端紫外分光専用ビームライン」の実用化を目指して，実験ステーションの改良と調整を施した。そし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）。最近は気相及び凝縮相の 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。また，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。さらに，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。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， C_{60} 分子線から生成されるフラグメントの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）。
- 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て，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

H. YAGI, K. NAKAJIMA, K. R. KOSWATTAGE, K. NAKAGAWA, C. HUANG, MD. S. I. PRODHAN, B. P. KAFLE, H. KATAYANAGI and K. MITSUKE, “Photoabsorption Cross Section of C_{60} Thin Films from the Visible to Vacuum Ultraviolet,” *Carbon* **47**, 1152–1157 (2009).

MD. S. I. PRODHAN, H. KATAYANAGI, C. HUANG, H. YAGI, B. P. KAFLE and K. MITSUKE, “Velocity Map Imaging Apparatus Applicable to a Study of Multiple Photofragmentation of C_{60} ,” *Chem. Phys. Lett.* **469**, 19–25 (2009).

H. YAGI, K. NAKAJIMA, K. R. KOSWATTAGE, K. NAKAGAWA, H. KATAYANAGI and K. MITSUKE, “Photoabsorption Cross Section of C_{70} Thin Films from Visible to Vacuum Ultraviolet,” *J. Chem. Phys.* **130**, 234510 (5 pages) (2009).

B-4) 招待講演

見附孝一郎, 「有機太陽電池における電子移動とエネルギー変換」東北大学理論化学研究室主催シンポジウム——分子科学の未来に向け——, 秋保, 仙台, 2009年3月.

K. MITSUKE, “Recent progress in UVSOR and Introduction of JENESYS Programme,” Seminar of Singapore Synchrotron Light Source, Singapore University, Singapore, February 2009.

見附孝一郎, 片柳英樹, 「電気化学の基礎とその実生活への利用」科学技術振興機構平成21年度サイエンスパートナーシッププロジェクト, 海陽中等教育学校, 蒲郡, 2009年6月及び11月.

見附孝一郎, 「発光分光と発光寿命測定による色素増感太陽電池の性能評価」太陽電池実用化技術研究会第6回研究会, 科学技術交流財団, 名古屋, 2009年10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).

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–).

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).

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, 「極端紫外光分光光学」2009年12月2日–4日.

B-9) 学位授与

Md. Serajul Islam Prodhan, “Construction of a Velocity Map Imaging Apparatus and Its Application to a Study of Photoionization Processes of C_{60} ,” 2009年3月, 博士(理学)

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).

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

松尾科学振興財団学術研究助成, 「放射光励起で生成した偏極原子のレーザー光イオン化——光イオン化完全実験を目指して」見附孝一郎 (1998年).

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

文部科学省科研費若手研究(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).

日本学術振興会科研費基盤研究(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).
文部科学省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).

日本学術振興会科研費基盤研究(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 日着任)

A-1) 専門領域：強レーザー場科学，光物理化学

A-2) 研究課題：

- a) 強レーザー場中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，電子励起状態に用意された分子の解離性イオン化過程の観測に成功した。理研播磨研究所における SCSS 試験加速器 FEL を用い，EUV 領域超短パルスレーザー場における非線形 2 重イオン化過程経路を光電子分光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を用いたクーロン爆発イメージングによって分子内の水素原子の動きが追跡できることを明らかにした。
- c) 希ガス非線形媒質 (Ne) 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 次または 27 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，さらに核ダイナミクスの追跡に成功した。

B-1) 学術論文

A. MATSUDA, M. FUSHITANI R. D. THOMAS, V. ZHAUNERCHYK and A. HISHIKAWA, "Multiple Explosion Pathways of the Deuterated Benzene Trication in 9-fs Intense Laser Fields," *J. Phys. Chem. A* **113**, 2254–2260 (2009).

A. MATSUDA, M. FUSHITANI and A. HISHIKAWA, "Electron–Ion Coincidence Momentum Imaging of Molecular Dissociative Ionization in Intense Laser Fields: Application to CS₂," *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **169**, 97–101 (2009).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

M. FUSHITANI, A. MATSUDA, E. J. TAKAHASHI and A. HISHIKAWA, "Time-Resolved Reaction Imaging by Intense Few-Cycle Laser Pulses and Laser High-Order Harmonics," *J. Phys.: Conf. Series* **185**, 012009 (4 pages) (2009).

B-4) 招待講演

A. HISHIKAWA, “Ultrafast reaction imaging by few-cycle intense laser pulses,” International Symposium on “Application of Spectroscopy to Research and Development,” 2009 Annual Meeting of the Spectroscopical Society of Japan, Tokyo (Japan), November 2009.

A. HISHIKAWA, “Visualizing ultrafast chemical reactions by few-cycle intense laser pulses,” 11th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure (ICES11), Nara (Japan), October 2009.

A. HISHIKAWA, “Visualizing ultrafast chemical reactions by Coulomb explosion imaging and photoelectron holography,” JSAP symposium “Frontier and New Prospects in Optical Science,” Tsukuba (Japan), March 2009.

菱川明栄, 「サブ 10fs 強レーザー場における分子過程」コヒーレント制御研究準備会, 原研関西研, 木津, 2009年 6月.

菱川明栄, 「極短パルス強レーザー場における分子過程」エクストリームフォトンクスセミナー, 理研, 和光, 2009年 5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).

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」2009年9月.

SOKENDAI Asian Winter School 2009, “Molecules dressed with light,” 2009年12月1日–4日.

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).

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

文部科学省科研費若手研究(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).

文部科学省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。

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) 2003年度の大幅な改造により世界最高レベルの高性能光源へと生まれ変わった光源加速器 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。UVSOR-II の高輝度という優れた特徴は一方でビーム寿命の短縮をもたらす。この問題に対する究極的な解決策であるトップアップ入射の導入に成功した。またシングルバンチ運転でのトップアップ入射にも成功した。
- b) 自由電子レーザーに関する研究を継続している。出力光の一部を光共振器に再入射することで発振を安定化することに成功した。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ている。分光器を整備し，真空紫外領域での高調波発生を確認した。
- c) 外部レーザーを用いて電子パルス上に微細な密度構造を形成することでコヒーレント放射光をテラヘルツ領域において生成する研究を継続している。微細密度構造の時間発展を，高速のテラヘルツ検出器を用いることで詳細に観測することに成功した。

B-1) 学術論文

M. LABAT, M. HOSAKA, M. SHIMADA, M. KATOH and M. E. COUPRIE, “Optimization of a Seeded Free-Electron Laser with Helical Undulators,” *Phys. Rev. Lett.* **101**, 164803 (2008).

M. LABAT, M. HOSAKA, M. SHIMADA, N. YAMAMOTO, M. KATOH and M. E. COUPRIE, “Observation of Synchrotron Sidebands in a Storage-Ring-Based Seeded Free-Electron Laser,” *Phys. Rev. Lett.* **102**, 014801 (2009).

C. EVAIN, C. SZWAJ, S. BIELAWSKI, M. HOSAKA, A. MOCHIIHASHI, M. KATOH and M. E. COUPRIE, “Shifted Feedback Suppression of Turbulent Behavior in Advection-Diffusion Systems,” *Phys. Rev. Lett.* **102**, 134501 (2009).

J. TAKAHASHI, H. SHINOJIMA, M. SEYAMA, Y. UENO, T. KANEKO, K. KOBAYASHI, H. MITA, M. ADACHI, M. HOSAKA and M. KATOH, “Chirality Emergence in Thin Solid Films of Amino Acids by Polarized Light from Synchrotron Radiation and Free Electron Laser,” *Int. J. Mol. Sci.* **10**, 3044–3064 (2009).

M. SHIMADA, M. KATOH, M. ADACHI, T. TANIKAWA, S. KIMURA, M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAKASHIMA and T. TAKAHASHI, “Transverse-Longitudinal Coupling Effect in Laser Bunch Slicing,” *Phys. Rev. Lett.* **103**, 144802 (2009).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

T. TANIKAWA, G. LAMBERT, T. HARA, T. ISHIKAWA, H. KITAMURA, T. SHINTAKE, K. TAHARA, T. TANAKA, M. YABASHI, B. CARRE, D. GARZELLA, M. LABAT, M. E. COUPRIE and M. KATOH, “Spectral Characteristics of the Seeded FEL Using Higher Harmonic Generation in Gas at the SCSS Test Accelerator,” *Proc. 30th Internat. Free Electron Laser Conf.* 106–109 (2008).

M. LABAT, M. E. COUPRIE, M. SHIMADA, M. KATOH and M. HOSAKA, “Operation of the UVSOR-II FEL in Helical Mode,” *Proc. 30th Internat. Free Electron Laser Conf.* 143–146 (2008).

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–).

日本放射光学会評議員 (2006–).

学会誌編集委員

放射光学会誌編集委員 (2000–2002).

その他

日中拠点大学交流事業(加速器科学分野)国内運営委員会委員 (2000–2005).

佐賀県シンクロtron光応用研究施設・光源装置設計評価委員 (2001).

むつ小川原地域における放射光施設整備に係る基本設計等調査評価会(加速器)委員 (2001).

理化学研究所X線自由電子レーザー安全性評価委員会委員 (2006–).

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–.

B-10) 競争的資金

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

日本学術振興会科研費基盤研究(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–).

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2003年度の大幅な改造を中心とする一連の高度化により、低エネルギーのシンクロトロン光源としては世界的にも最高レベルの性能を有するに至った。現在、高度化された加速器群の性能を最大限引き出す努力を継続している。ビーム寿命の問題を究極的に解決するためのトップアップ運転に成功し、ビーム入射の放射光利用実験への影響の低減に関する技術開発に取り組んでいる。

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。利用実験の拡大と並行して、より短波長の真空紫外域での発振実現を目指して研究を進めていく。これまでに199nmでの発振に成功したが、今後更に短波長化を試みる。

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。今後は実用化を意識して、大強度化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実施されている。電子蓄積リングの一部改造を含むシステムの増強により、大強度化、安定化、また、利用法の開拓を進めていく予定である。

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性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 CeIn₃ 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 CeT₂Al₁₀ (T = Fe, Ru, Os) の電子状態変化

強相関系 YbIr₂Si₂, PrFe₄P₁₂ の磁場下電荷ダイナミクス

- 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。新しいアイデアで開発してきた 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， $h\nu = 6 \sim 40$ 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

H. MIYAZAKI, T. ITO, H. J. IM, S. YAGI, M. KATO, K. SODA and S. KIMURA, “Direct Observation of Momentum-Dependent Exchange Interaction in a Heisenberg Ferromagnet,” *Phys. Rev. Lett.* **102**, 227203 (4 pages) (2009).

M. SHIMADA, M. KATOH, M. ADACHI, S. KIMURA, T. TANIKAWA, M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, Y. TAKASHIMA and T. TAKAHASHI, “Transverse-Longitudinal Coupling Effect in Laser Bunch Slicing,” *Phys. Rev. Lett.* **103**, 144802 (4 pages) (2009).

S. KIMURA, “Origin of Infrared Peaks in the Optical Conductivity of Ytterbium Compounds,” *Phys. Rev. B* **80**, 073103 (4 pages) (2009).

H. J. IM, T. ITO, S. KIMURA, H. -D. KIM, J. B. HONG and Y. S. KWON, “Crystalline Electric Field Effects in Ce 3d Core-Level Spectra of Heavy-Fermion Systems: Hard X-Ray Photoemission Spectroscopy on CeNi_{1-x}Co_xGe₂,” *Phys. Rev. B* **79**, 193105 (4 pages) (2009).

H. MIYAZAKI, T. ITO, H. J. IM, K. TERASHIMA, S. YAGI, M. KATO, K. SODA and S. KIMURA, “Single Crystalline Growth and Magnetic, Optical and Photoelectrical Properties of EuO Thin Films,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **48**, 055504 (4 pages) (2009).

A. A. POPOV, V. M. SENYAVIN, V. I. KOREPANOV, I. V. GOLDT, A. M. LEBEDEV, V. G. STANKEVICH, K. A. MENSNIKOV, N. YU. SVECHNIKOV, O. V. BOLTALINA, I. E. KAREEV, S. KIMURA, O. SIDOROVA, K. KANNO and I. AKIMOTO, “Vibrational, Electronic, and Vibronic Excitations of Polar C₆₀F₁₈ Molecules: Experimental and Theoretical Study,” *Phys. Rev. B* **79**, 045413 (11 pages) (2009).

S. KIMURA, T. IIZUKA and Y. S. KWON, “Origin of Middle-Infrared Peaks in Cerium Compounds,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **78**, 013710 (4 pages) (2009).

B-3) 総説, 著書

S. KIMURA, “Infrared Magneto-Optical Imaging on Phase Separation of Solids,” *SPRING-8 Research Frontiers 2008*, pp. 94–95 (2009).

雨宮健太, 木村真一, 「光のエネルギーを切り出す(真空紫外・軟X線編)」, 「放射光ビームライン光学技術入門～はじめて放射光を使う利用者のために」日本放射光学会編, pp. 151–175 (2008).

木村真一, 「赤外・テラヘルツ高精度反射スペクトルの温度依存性測定の自動化」*JASCO Report* **50**, pp. 6–10 (2008).

木村真一, 「特殊環境下の顕微赤外分光」, 「顕微赤外, 顕微ラマン分光法の基礎と応用」技術情報協会, pp. 381–394 (2008).

B-4) 招待講演

S. KIMURA, “IR and THz Sciences at UVSOR-II,” 4th Asia-Oceania Forum for Synchrotron Radiation Research, Shanghai (China), November 2009.

S. KIMURA, “IR and THz Spectroscopies of Solids at Extreme Conditions,” 5th International Workshop on Infrared Spectroscopy and Microscopy with Accelerator Based Sources, Banff (Canada), September 2009.

S. KIMURA, “Infrared and Terahertz Synchrotron Radiation in Japan,” ANKA Seminar, Synchrotron Light Source ANKA, Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe (Germany), July 2009.

S. KIMURA, “Origin of Middle-Infrared Peaks of Optical Conductivity in Ce and Yb Compounds,” Festkörperphysikalisches Kolloquium, Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe, Dresden (Germany), July 2009.

H. J. IM, H. MIYAZAKI, T. ITO, S. KIMURA, K. E. LEE, Y. S. KWON, A. YASUI and H. YAMAGAMI, “Systematic angle-resolved photoemission study of Ce-based heavy-fermion systems,” 11-th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure (ICES-11), Nara (Japan), October 2009.

H. J. IM, H. MIYAZAKI, T. ITO, S. KIMURA, K. E. LEE, Y. S. KWON, A. YASUI and H. YAMAGAMI, “Systematic angle-resolved photoemission study of Ce-based heavy-fermion systems,” 2nd UVSOR Workshop on Low-Energy Photoemission of Solids using Synchrotron Radiation (LEPES 09), Okazaki (Japan), October 2009.

木村真一, 「光学伝導度と共鳴光電子分光による重い電子系の量子臨界点での電子状態」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～先端光電子分光による重い電子系研究～, 岡山, 2009年12月.

木村真一, 「UVSOR 低エネルギービームラインの現状」ISSPワークショップ「真空紫外アンジュレートビームラインの高度化と物性科学」, 柏, 2009年12月.

木村真一,「趣旨説明」第22回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム企画講演「光電子分光によるフェルミオロジ：熱力学物性は光電子分光でどの程度理解できるか？」東京, 2009年1月.

宮崎秀俊,「酸化ユーロピウム単結晶薄膜の角度分解光電子分光」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～先端光電子分光による重い電子系研究～,岡山, 2009年12月.

伊藤孝寛,「光電子分光による重い電子系の量子臨界点近傍における電子状態の系統的研究」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～先端光電子分光による重い電子系研究～,岡山, 2009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, 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

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

総合研究大学院大学物理科学研究科, 集中講義「極端紫外光分光学」2009年12月2日.

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

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

文部科学省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).

文部科学省科研費若手研究(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)NPO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)NPO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).

日本原子力研究所黎明研究,「赤外・テラヘルツ磁気光学素子としての低密度キャリアf電子系の基礎研究」木村真一 (1999年).

(財)稲森財団・助成金,「テラヘルツ磁気光学材料としての少数キャリア強相関伝導系の研究」木村真一 (1999年).

(財)島津科学技術振興財団研究開発助成金,「テラヘルツ磁気光学分光法の開発」木村真一 (1999年).

(財)実業家学会研究助成金,「赤外イメージング分光による磁性体の局所電子構造の研究」木村真一 (1999年).

日本学術振興会科研費科研費若手研究(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

2006年から建設・調整をし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、そのままの状態での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を築いていく方針である。

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) 内殻励起分子の光解離ダイナミクスの研究
- b) 内殻電離しきい値近傍における多電子効果の研究
- c) 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

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 内殻励起分子の解離ダイナミクスの詳細を解明するためには，振動分光が可能な高性能分光器が必要不可欠である。2008 年夏，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として BL6U の建設を行った。BL6U の性能目標は，30 ~ 600 eV の光エネルギー範囲で，分解能 10000 以上かつ光強度 10^{11} 光子数 / 秒を達成する事であった。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。現在までに，トップアップ運転時には目標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 気体の高分解能光電子分光を行うための実験装置の整備が終了した。引き続き 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ながら，国内外の研究者との共同研究を行っている。
- b) 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。具体的には，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 で行われて来たが，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ている。
- c) 国際共同研究の一つの柱として，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。フェムト秒レーザーによる多重電離過程の直接観測を目指して，菱川グループとの共同研究も継続して行っている。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。

B-1) 学術論文

Y. HIKOSAKA, P. LABLANQUIE, F. PENENT, T. KANEYASU, E. SHIGEMASA, R. FEIFEL, J. H. D. ELAND and K. ITO, "Energy Correlation among Three Electrons Emitted in Triple Photoionization of Ar," *Phys. Rev. Lett.* **102**, 013002 (4 pages) (2009).

Y. VELKOV, Y. HIKOSAKA, E. SHIGEMASA, T. KANEYASU, Y. TAMENORI, J. -C. LIU and F. GEL'MUKHANOV, "X-Ray Absorption Spectroscopy beyond the Natural Width Measured in Partial Auger Yield Mode," *Phys. Rev. A* **79**, 022508 (11 pages) (2009).

Y. HIKOSAKA, P. LABLANQUIE, F. PENENT, P. SELLES, T. KANEYASU, E. SHIGEMASA, J. H. D. ELAND and K. ITO, "Probing the Mechanism of Simultaneous Two-Electron Emission on Core-Hole Decay," *Phys. Rev. A* **80**, 031404(R) (4 pages) (2009).

K. ITO, F. PENENT, Y. HIKOSAKA, E. SHIGEMASA, I. H. SUZUKI, J. H. D. ELAND and P. LABLANQUIE, "Application of a Simple Asynchronous Mechanical Light Chopper to Multielectron Coincidence Spectroscopy," *Rev. Sci. Instrum.* **80**, 123101 (9 pages) (2009).

B-4) 招待講演

Y. HIKOSAKA, "Multi-electron emission on atomic photoabsorption," 11th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure (ICES-11), Nara (Japan), October 2009.

繁政英治, 「放射光の利用と原子分子科学」新潟大学理学部自然環境科学科主催「放射光による原子分子光電離研究の最前線——日欧の放射光利用研究と国際交流——」新潟大学, 2009年11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 (2006–2008, 2009–).

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 (シンクロトロン放射装置技術国際会議)プログラム委員 (2005).

第22回化学反応討論会実行委員 (2006).

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

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

第2回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).

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 (2008–). (彦坂泰正)

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」2009年7月.

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).

文部科学省科研費若手研究(B)，「同時計測法で探る分子2価イオン状態の解離ダイナミクス」 彦坂泰正 (2004年–2005年).

松尾学術研究助成，「分子クラスターを用いたイオン-分子反応の立体ダイナミクスの解明」 彦坂泰正 (2006年).

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

文部科学省科研費若手研究(B)，「分子配向を制御した低速イオン-分子反応実験」 彦坂泰正 (2007年–2008年).

島津財団研究開発助成，「超高効率・高分解能電子エネルギー分析器の開発研究」 彦坂泰正 (2008年).

(財)大幸財団第19回学術研究助成，「固体表面研究のための新しい電子状態分析法の開発」 彦坂泰正 (2009年).

C) 研究活動の課題と展望

我々の専用ビームラインとして建設計画を進めてきたBL6Uは，当初の予定通り，2008年の夏期シャットダウン中に，全てのビームライン構成要素の設置作業が終了し，2009年夏には電子分光装置の整備も終了した。UVSOR 技術職員の献身的な支援を受けながら，光学系の調整作業を進め，制御系の不具合の洗い出しや，計測システム及びビームライン全体の整備を行った。性能評価実験の結果，トップアップ運転時には目標に近い性能に達していることが確認された。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進める予定であり，そのために必要となる実験システムの構築・整備を現在進めている。これにより，SPRING-8では実施出来ない1300 eV以下の低エネルギー領域における二次元電子分光実験をUVSORで展開することが可能となる。また，BL6Uの分光性能を活かした高励起一価分子イオンや二価分子イオンの分光情報を取得する実験手法の開発も併せて行っている。

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：マイクロ固体フォトニクスの研究

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

A-3) 研究活動の概略と主な成果

分子科学に関連して重要な波長域にレーザーの高輝度光を展開する為の固体レーザー，非線形波長変換法につき包括的な研究を進めている。特に近年のマイクロ固体フォトニクスの進展 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），バルク擬似位相整合（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。雑誌，研究会，国際会議の企画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制御は，現在の固体レーザーに革新をもたらす異方性レーザーセラミックスを始めとし，新たなフォトニクスを先導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/cm²），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：～200 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

Y. SATO, J. AKIYAMA and T. TAIRA, "Effects of Rare-Earth Doping on Thermal Conductivity in Y₃Al₅O₁₂ Crystals," *Opt. Mater.* 31, 720–724 (2009).

- X. GU, G. MARCUS, Y. DENG, T. METZGER, C. TEISSET, N. ISHII, T. FUJI, A. BALTUSKA, R. BUTKUS, V. PERVAK, H. ISHIZUKI, T. TAIRA, T. KOBAYASHI, R. KIENBERGER and F. KRAUSZ**, “Generation of Carrier-Envelope-Phase-Stable 2-Cycle 740- μ J Pulses at 2.1- μ m Carrier Wavelength,” *Opt. Express* **17**, 62–69 (2009).
- S. HAYASHI, T. SHIBUYA, H. SAKAI, T. YASUI, T. TAIRA, Y. OGAWA, C. OTANI and K. KAWASE**, “Portable and Tunable Terahertz-Wave Parametric Generator Pumped by Microchip Nd:YAG Laser,” *Rev. Laser Eng.* **37**, 278–282 (2009).
- M. TSUNEKANE, T. INOHARA, A. ANDO, N. KIDO, K. KANEHARA and T. TAIRA**, “Micro-Lasers for Ignition Engines,” *Rev. Laser Eng.* **37**, 283–289 (2009).
- Y. IDO, K. WATANABE, N. ISHIGAKI, A. KADOYA, K. TOKUDA, K. TOJO and T. TAIRA**, “Development of Microchip Laser/Periodically Poled Stoichiometric LiTaO₃ (PPSLT) for the Light Source of MALDI,” *Rev. Laser Eng.* **37**, 290–295 (2009).
- M. MIYAZAKI, J. SAIKAWA, M. FUJII, H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “Development of a High-Energy, Broadly Tunable and Narrow Band-Width Mid-Infrared Light Source and Its Application to Infrared-Ultraviolet Double Resonance Spectroscopy,” *Rev. Laser Eng.* **37**, 296–303 (2009).
- S. HAYASHI, T. SHIBUYA, H. SAKAI, T. TAIRA, C. OTANI, Y. OGAWA and K. KAWASE**, “Tunability Enhancement of a Terahertz-Wave Parametric Generator Pumped by a Microchip Nd:YAG Laser,” *Appl. Opt.* **48**, 2899–2902 (2009).
- M. MIYAZAKI, J. SAIKAWA, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and M. FUJII**, “Isomer Selective Infrared Spectroscopy of Supersonically Cooled *cis*- and *trans*-*N*-Phenylamides in the Region from the Amide Band to NH Stretching Vibration,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **11**, 6098–6106 (2009).
- P. BRAND, B. BOULANGER, P. SEGONDS, Y. PETIT, C. FELIX, B. MENAERT, T. TAIRA and H. ISHIZUKI**, “Angular Quasi-Phase-Matching Experiments and Determination of Accurate Sellmeier Equations for 5%MgO:PPLN,” *Opt. Lett.* **34**, 2578–2580 (2009).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

- B. BOULANGER, P. BRAND, Y. PETIT, P. SEGONDS, C. FELIX, B. MENAERT, T. TAIRA and H. ISHIZUKI**, “Angular Quasi-Phase-Matching: Theory and Experiments,” *LASE 2009, SPIE Photonics West* (2009). (*Invited*)
- J. AKIYAMA, Y. SATO and T. TAIRA**, “New Generation of Laser Ceramics with Anisotropic Materials,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, MF1 (2009). (*Post-Deadline Paper*)
- G. MASADA, K. NAGASHIMA, H. YONEZAWA, T. SUZUDO, Y. SATOH, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and A. FURUSAWA**, “Generation of Squeezed States of Light at 860 nm with Periodically Poled MgO:LiNbO₃ Crystal,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, TuC2 (2009).
- P. BRAND, B. BOULANGER, P. SEGONDS, Y. PETIT, C. FÉLIX, B. MÉNAERT, H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “Angular Quasi-Phase-Matched SHG and DFG in a 7% MgO:PPLN Crystal Sphere,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, TuC3 (2009).
- P. LOISEAU, G. AKA, G. GHEORGHE and T. TAIRA**, “1W of 902 nm Laser Emission of Neodymium Doped Strontium and Lanthanum Aluminate (Nd:ASL), under a Fiber Coupled Diode Laser Pumping Source,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, WB12 (2009).
- Y. SATO, T. TAIRA and A. IKESUE**, “A Study on Influences of Nd³⁺-Doping Concentration upon Spectroscopic Properties of Nd:Y₃Al₅O₁₂ Ceramics,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, WB18 (2009).

- T. TAIRA**, “High Brightness Microchip Lasers,” Cheju National University, Jeju-do, South Korea, May 6–9 (2009). *(Invited)*
- Y. SATO, T. TAIRA, V. SMIRNOV, L. GLEBOVA and L. GLEBOV**, “Spectroscopic Characteristics of Nd³⁺-Doped Photo-Thermo-Refractive Glass,” *CLEO 2009*, CTuFF5 (2009).
- H. ISHIZUKI, J. SAIKAWA and T. TAIRA**, “Broadly and Continuously Tunable, High-Energy Optical Parametric System by Angular Tuning of Tilted QPM Structures,” *CLEO 2009*, CThZ1 (2009).
- M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Temperature and Polarization Dependences of Cr:YAG Transmission for Passive Q-Switching,” *CLEO 2009*, JTuD8 (2009).
- M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “High Temperature Operation of Passively Q-Switched, Cr:YAG/Nd:YAG Micro-Laser for Ignition of Engines,” *CLEO/Europe 2009*, CA.P.30 (2009).
- J. AKIYAMA, Y. SATO and T. TAIRA**, “New Fabrication Process of Anisotropic Laser Ceramics,” *CLEO/Europe 2009*, CA9.3 (2009). *(Invited)*
- Y. SATO, T. TAIRA, V. SMIRNOV, L. GLEBOVA and L. GLEBOV**, “The Study of Spectroscopic Properties of Nd: PTR Glass,” *CLEO/Europe 2009*, CA9.4 (2009).
- T. TAIRA**, “Ignition of Automotive Engine by Micro-Lasers,” *The 5th International Congress on Laser Advanced Materials Processing (LAMP 2009)*, LPM 7-3, #345 (2009). *(Invited)*
- P. BRAND, B. BOULANGER, P. SEGONDS, Y. PETIT, C. FELIX, B. MENAERT, H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “Experimental Validation of Angular Quasi-Phase-Matching,” *Nonlinear Optics (NLO) 2009*, NMD6 (2009).
- G. MASADA, M. UEDA, T. SUZUDO, Y. SATO, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and A. FURUSAWA**, “Characterization of Nonlinear Optical Properties of Periodically Poled MgO:LiNbO₃ Crystal and Generation of Squeezed States of Light at 860nm,” *Nonlinear Optics (NLO) 2009*, NWE2 (2009).
- H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “Mg-Doped Congruent LiTaO₃ and LiNbO₃ for Highly Efficient and High Power/Energy QPM Optical-Parametric Systems,” *Nonlinear Optics (NLO) 2009*, NThB5 (2009).
- T. TAIRA, J. AKIYAMA and Y. SATO**, “Fabrication and Characterization of Anisotropic Laser Ceramics,” *18th International Laser Physics Workshop (LPHYS’09)* (2009). *(Invited)*
- Y. SATO and T. TAIRA**, “Thermal Conductivity in Solid-State Laser Materials: General Model and Dependence on Rare-Earth Concentration,” *CLEO/PR 2009*, TuD3-1 (2009). *(Invited)*
- N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Laser with a Volume Bragg Grating,” *ROMOPTO 2009*, I.O.1 (2009).
- N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “High Peak-Power Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Lasers,” *ROMOPTO 2009*, I.P.2 (2009).
- T. TAIRA**, “Ceramic Laser Materials,” *Proceedings of UFO VII*, 151–153 (2009). *(Keynote talk)*
- T. MATSUSHITA, A. SUGITA and T. TAIRA**, “Design of Mode-Locked Oscillator Using Edge-Pumped All-Ceramic Yb:YAG Microchip Laser,” *5th Laser Ceramics Symposium (2009LCS)*, Bilbao, Spain, December 9–11, I-4 (2009). *(Invited)*

B-3) 総説，著書

- B. BOULANGER, P. BRAND, Y. PETIT, P. SEGONDS, C. FELIX, B. MENAERT, T. TAIRA and H. ISHIZUKI**, “Angular Quasi-Phase-Matching: Theory and Experiments,” in *LASER 2009* (2009).

M. TSUNEKANE, Y. OISHI and T. TAIRA, “High-Power Continuous-Wave, Yb-Doped Solid-State Lasers,” *KOGAKU* **38**, 17–24 (2009).

T. TAIRA, “Micro Solid-State Photonics—Review—,” *Rev. Laser Eng.* **37**, 227–234 (2009).

Y. SATO and T. TAIRA, “Micro Solid-State Photonics Materials—Properties of Lasers Materials—,” *Rev. Laser Eng.* **37**, 242–247 (2009).

T. TAIRA and M. TSUNEKANE, “High Brightness Micro-Laser for Engine Ignition,” *OPTRONICS* **28**, 124–130 (2009).

平等拓範, 「マイクロ固体フォトリクス——最新の固体レーザーと非線形光学波長変換——」 *O plus E* **31**, 1292–1298 (2009).

T. TAIRA, M. TSUNEKANE, T. FUJIKAWA, M. EBINA, K. AKIHAMA, T. INOHARA, A. ANDO, N. KIDO and K. KANEHARA, “Engine Ignition by High Brightness Pulse Lasers,” *Journal of the Combustion Society of Japan* **51**, 288–294 (2009).

平等拓範, 「MEMS デバイス総論」 植田敏嗣 監修, 第6章 光学機器, 第3節「マイクロチップレーザー」サイエンス & テクノロジー社, 251–269 (2009).

平等拓範, 常包正樹, 「高輝度マイクロレーザーによるエンジン点火」グリーンフォトリクス技術資料集——環境ビジネスと光技術——, 第4部 光技術(LEDを含む)の自動車への応用, *OPTRONICS*, 247–253 (2009).

B-4) 招待講演

T. TAIRA, “Micro Solid-State Photonics—New Application by Giant Micro-Photonics—,” 29th Annual Meeting of Laser Society of Japan, Tokushima University (Japan), January 2009.

J. AKIYAMA, Y. SATO and T. TAIRA, “New Generation of Laser Ceramics with Anisotropic Materials,” OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics, Denver (U.S.A.), February 2009.

T. TAIRA and H. ISHIZUKI, “Field Poled Optical Devices for Giant Micro Photonics,” Extended Abstracts, 56th Spring Meeting for Jpn. Society of Appl. Phys., Tsukuba (Japan), March 2009.

T. TAIRA, “High Brightness Microchip Lasers,” Cheju National University, Jeju-do (Korea), May 2009.

J. AKIYAMA, Y. SATO and T. TAIRA, “New Fabrication Process of Anisotropic Laser Ceramics,” CLEO/Europe 2009, Munich (Germany), June 2009.

T. TAIRA, “The Promise of Giant Micro-Photonics,” STFC Rutherford Appleton Laboratory, Didcot (U.K.), June 2009.

T. TAIRA, “The Promise of Giant Micro-Photonics,” University of Southampton (U.K.), June 2009.

T. TAIRA, “Ignition of Automotive Engine by Micro-Lasers,” The 5th International Congress on Laser Advanced Materials Processing (LAMP 2009), Kobe (Japan), June 2009.

T. TAIRA, J. AKIYAMA and Y. SATO, “Fabrication and Characterization of Anisotropic Laser Ceramics,” 18th International Laser Physics Workshop (LPHYS’09), Barcelona (Spain), July 2009.

Y. SATO and T. TAIRA, “Thermal Conductivity in Solid-State Laser Materials: General Model and Dependence on Rare-Earth Concentration,” CLEO/PR 2009, Shanghai (China), August 2009.

T. TAIRA, “Ceramic Laser Materials,” Ultrafast Optics / High Field Short Wavelength 2009, Arcachon (France), August 2009.

T. TAIRA, “Laser Ceramics toward Giant Micro-photonics,” ENSCP, Paris (France), September 2009.

平等拓範, 「固体レーザーとマイクロ固体フォトリクスの展望」第317回光産業技術マンスリーセミナー, 光産業技術振興協会, 東京, 2009年10月.

平等拓範,「ジャイアントマイクロフォトニクスの最前線」第21回ナノフォトニクスオープンセミナー, 東京大学, 2009年10月.
T. MATSUSHITA, A. SUGITA and T. TAIRA, “Design of mode-locked oscillator using edge-pumped all-ceramic Yb:YAG microchip laser,” 5th Laser Ceramics Symposium (2009LCS), Bilbao (Spain), December 2009.
 平等拓範,「先端計測分析技術・機器開発事業の平成22年度重点開発領域について」科学技術・学術審議会技術・研究基盤部会知的基盤整備委員会先端計測分析技術・機器開発小委員会(第5期第3回) 文部科学省, 東京, 2009年11月.

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).
 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).
NICOLAE PAVEL, The ROMANIAN ACADEMY Awards, The “Constantin Miculescu” Prize (2004).
 斎川次郎, 佐藤庸一, 池末明生, 平等拓範, 第29回(社)レーザー学会業績賞(進歩賞)(2005).
 秋山 順, 愛知県若手研究者奨励事業第2回「わかしゃち奨励賞(優秀賞)」(2008).
 平等拓範, 第24回光産業技術振興協会櫻井健二郎氏記念賞 (2008).
 秋山 順, 第26回(2009年春季)応用物理学会講演奨励賞 (2009).

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–).

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).

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–).

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–).

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).

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).

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

豊橋技術科学大学先端フットニク情報メモリリサーチセンター, 客員教授, 2009年.

東京工業大学統合研究院, 統合研究院ソリューション研究教員, 2009年.

総合研究大学院大学物理科学研究科, 「光物理」2009年12月1日–5日.

B-10) 競争的資金

科研費奨励研究(A), 「波長多重高密度記録光メモリのための新型青緑域波長可変高コヒーレントレーザーの提案」平等拓範 (1998年–1999年).

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-).

文部科学省科研費若手研究(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-).

日本学術振興会科研費基盤研究(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).

B-11) 産学連携

(株)日本自動車部品総合研究所,「中赤外 4.3 μ m CW レーザによる CO₂ 濃度計測の研究」平等拓範(2009年).

(株)コンボン研究所,「マイクロ固体フォトリソの基礎研究」平等拓範(2009年).

川崎重工業(株)「希薄燃焼におけるレーザ着火に関する研究」平等拓範(2009年).

(株)島津製作所,「高平均出力・高輝度 UV レーザーの研究」平等拓範(2009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(2009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リソは,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。