6-3 光分子科学研究領域

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：量子物理学，原子分子光物理学，量子情報科学，物理化学

A-2) 研究課題：

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

A-3) 研究活動の概略と主な成果

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

- d) 分子メモリーを量子コンピュータ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) バルク固体中の原子の超高速2次元運動をフェムト秒単位で制御し画像化する新しい光技術を開発した。
- g) ほぼ絶対零度まで冷やした極低温のルビジウム原子集団に APM を適用することによって、60万個の粒子の量子多体問題を近似無しに1ナノ秒(ナノ=10⁻⁹)以内でシミュレートできる世界最速の「超高速量子シミュレータ」を開発することに成功した。それぞれ異なる研究分野で発展してきた「超高速化学」と「極低温物理」の手法を融合させた世界初の試みであり、材料科学・固体物理・溶液化学など広範囲の領域に波及効果を及ぼす新しい方法論として期待されている。

B-1) 学術論文

L. CHUNMEI, J. MANZ, K. OHMORI, C. SOMMER, N. TAKEI, J. C. TREMBLAY and Y. ZHANG, “Attosecond Control of Restoration of Electronic Structure Symmetry,” *Phys. Rev. Lett.* **121**, 173201 (6 pages) (2018).

B-3) 総説, 著書

H. KATSUKI, N. TAKEI, C. SOMMER and K. OHMORI, “Ultrafast Coherent Control of Condensed Matter with Attosecond Precision,” *Acc. Chem. Res.* **51**, 1174–1184 (2018). (*Invited Paper*)

B-4) 招待講演 (* 基調講演)

大森賢治, 「量子力学に残された100年の謎に迫る」, 浜松コンファレンス, 浜松(日本), 2018年11月.*

大森賢治, 「量子力学に残された100年の謎に迫る」, 大阪大学博士課程教育リーディングプログラム「インタラクティブ物質科学・カデットプログラム」第6回インタラクティブ交流会, 関西セミナーハウス, 京都(日本), 2018年8月.*

K. OHMORI, “Ultrafast many-body electron dynamics in a strongly correlated ultracold Rydberg gas,” CQOM Colloquium, Aarhus University, Aarhus (Denmark), May 2018.

K. OHMORI, “Ultrafast many-body electron dynamics in a strongly correlated ultracold Rydberg gas,” Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching (Germany), March 2018.

K. OHMORI, “Ultrafast many-body electron dynamics in a strongly correlated ultracold Rydberg gas,” JQI Special Seminar, Joint Quantum Institute, College Park (U.S.A.), March 2018.

大森賢治, 「原子レベルで動作する世界最速の量子シミュレーター」, 量子物理学・ナノサイエンス第216回セミナー, 東京工業大学, 東京(日本), 2018年2月.

N. TAKEI, “Ultrafast many-body electron dynamics in a strongly correlated ultracold Rydberg gas,” The 13th Japan-US Joint Seminar on Quantum Electronics and Laser Spectroscopy, APA Hotel Kanazawa ekimae, Kanazawa (Japan), September 2018.

武井宣幸, 「強相関リユードベリ原子を用いた超高速量子シミュレーター」, 第14回エクストリームフォトリクス研究会「アト秒から秒にいたるダイナミクス研究の最前線」, 理化学研究所和光キャンパス, 和光(日本), 2018年2月.

N. TAKEI, "Ultrafast many-body electron dynamics in a strongly correlated ultracold Rydberg gas," Conference on Laser and Synchrotron Radiation Combination Experiment (LSC) 2018, Pacifico Yokohama, Yokohama (Japan), April 2018.

S. SUGAWA, "Experimental extraction of Chern numbers from quantum-simulated monopoles," Workshop on Recent Developments in Chiral Matter and Topology, Taipei (Taiwan), December 2018.

素川靖司, 「冷却原子を用いたトポロジカル不変量の測定」, 応用物理学会 量子エレクトロニクス研究会「量子エレクトロニクスによる未来型情報処理」, 軽井沢(日本), 2018年12月.

B-5) 特許出願

特願 2017-077478, 特開 2018-180179, 「量子シミュレータおよび量子シミュレーション方法」, 酒井寛人, 大森賢治, 安藤太郎, 武井宣幸, 豊田晴義, 大竹良幸, 兵土知子, 瀧口 優(浜松ホトニクス(株), 自然科学研究機構), 2017年.

Application number: US15/945,016, Publication number: US 2018/0292786 A1, "Quantum simulator and quantum simulation method," H. SAKAI(Hamamatsu Photonics K.K.), K. OHMORI(NINS), T. ANDO(Hamamatsu Photonics K.K.), N. TAKEI(NINS), H. TOYODA, Y. OHTAKE, T. HYODO and Y. TAKIGUCHI(Hamamatsu Photonics K.K.), Filing date: Apr. 4, 2018, Publication date: Oct. 11, 2018.

B-6) 受賞, 表彰

大森賢治, 文部科学大臣表彰 科学技術賞 (2018).

大森賢治, 松尾財団宅間宏記念学術賞 (2017).

大森賢治, 独フンボルト賞 (2012).

大森賢治, アメリカ物理学会フェロー表彰 (2009).

大森賢治, 日本学士院学術奨励賞 (2007).

大森賢治, 日本学術振興会賞 (2007).

大森賢治, 光科学技術研究振興財団研究表彰 (1998).

大森賢治, 東北大学教育研究総合奨励金 (1995).

香月浩之, 英国王立化学会 PCCP 賞 (2009).

香月浩之, 光科学技術研究振興財団研究表彰 (2008).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

分子科学研究会委員 (2002–2006).

分子科学会設立検討委員 (2005–2006).

分子科学会運営委員 (2006–2007, 2010–2017).

原子衝突研究協会運営委員 (2006–2007).

学会の組織委員等

14th International Conference on Spectral Line Shapes 国際プログラム委員 (1998–2006).

21st International Conference on the Physics of Electronic and Atomic Collisions 準備委員, 組織委員 (1999).

The 5th East Asian Workshop on Chemical Reactions 組織委員長 (2001).

分子構造総合討論会実行委員 (1995).

第 19 回化学反応討論会実行委員 (2003).

原子・分子・光科学 (AMO) 討論会プログラム委員 (2003–).

APS March meeting; Focus Topic Symposium “Ultrafast and ultrahighfield chemistry” 組織委員 (2006).

APS March meeting satellite “Ultrafast chemistry and physics 2006” 組織委員 (2006).

第 22 回化学反応討論会実行委員 (2006).

8th Symposium on Extreme Photonics “Ultrafast Meets Ultracold” 組織委員長 (2009).

The 72nd Okazaki Conference on “Ultimate Control of Coherence” 組織委員 (2013).

A Peter Wall Colloquium Abroad and The 73rd Okazaki Conference on “Coherent and Incoherent Wave Packet Dynamics” 組織委員 (2013).

1st International Symposium on Advanced Photonics “Quantum Many-Body Science and Technology” 組織委員 (2016).

Gordon Research Conference on Quantum Control of Light and Matter 2019 副議長, 2021 議長 (2017–).

2nd International Symposium on Advanced Photonics “Attosecond Science” 組織委員 (2018).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

文部科学省 科学技術・学術審議会 量子科学技術委員会 専門委員 (主査代理) (2015–).

文部科学省 科学技術・学術審議会 量子科学技術委員会 量子情報処理 (主に量子シミュレーション) に係るロードマップ
検討グループメンバー (2017–).

日本学術振興会 日仏先端科学シンポジウム PGM (2010–2012).

日本学術振興会 HOPE ミーティング 事業委員 (2012–2016).

日本学術振興会 日独学術コロキウム 学術幹事 (2013–2014).

European Research Council (ERC), Invited Panel Evaluator.

European Research Council (ERC), Invited Expert Referee.

QuantERA (<https://www.quantera.eu>), Invited Remote Reviewer (2017–).

EU Future and Emerging Technologies, HORIZON 2020, European Commission, Scientific and Industrial Advisory Board (SIAB) (2017–).

European Science Foundation (ESF), ESF College of Expert Reviewers (2018–).

学会誌編集委員

Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics, IOP, Editorial Board (2018–).

Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics, IOP, International Advisory Board (2015–2017).

その他

文部科学省からの依頼で, 林芳正文部科学大臣と欧州連合 (EU) Carlos Moedas 欧州委員 (研究・科学・イノベーション
担当) との間の「量子技術分野の今後の協力に関する合意」(2018 年 1 月 8 日, ブリュッセル) に貢献.

文部科学省からの依頼で, 日米間の「量子技術分野の今後の協力」のための米国国立科学財団 (NSF) および米国エネルギー省 (DOE) との日米政府間会議 (2018 年 3 月 9 日, ワシントン DC) に出席し, 林芳正文部科学大臣と NSF の France Córdova 長官との会談 (2018 年 5 月 1 日, ワシントン DC) における量子技術分野での日米協力に関する意見交換の実現に大きく貢献した.

EUのQuantum Technology Flagshipの一環として開催されたEuropean Quantum Technologies Community Meeting (2018年4月19日, ZEISS Forum, Oberkochen, Germany)に日本の量子科学技術コミュニティの代表として招かれ, 日本・EU・米国の各代表・政府関係者とのパネルディスカッションにおいて, 量子科学技術分野における日・米・EU間の協力について議論。

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, 集中講義「量子動力学」, 2018年12月17日-27日。

University of Heidelberg, 客員教授(フンボルト賞受賞者), 2012年-。

B-10) 競争的資金

文部科学省「光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)」量子情報処理・大規模基礎基盤研究, 「アト秒ナノメートル領域の時空間光制御に基づく冷却原子量子シミュレータの開発と量子計算への応用」, 大森賢治 (2018年-2028年)。

科研費 特別推進研究, 「アト秒精度の超高速コヒーレント制御を用いた量子多体ダイナミクスの探求」, 大森賢治 (2016年-2021年)。

科学技術振興機構ささきかけ研究(受託研究), 「極低温ドレスト原子集団の超精密制御による非可換トポロジカル量子現象の探索」, 素川靖司 (2016年-2020年)。

科学技術振興機構CREST 研究, 「アト秒精度の凝縮系コヒーレント制御」, 大森賢治 (2010年-2016年)。

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

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

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

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

B-11) 産学連携

浜松ホトニクス(株), 「超高速量子シミュレータの開発」, 大森賢治 (2016年-)。

(株)日立製作所, 「超高速量子シミュレータの開発」, 大森賢治 (2018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。

- ① 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。
- ② 量子散逸系でのコヒーレント制御の実現：①で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。
- ③ 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。
- ④ 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、量子多体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～2018 年 3 月 31 日) *)

A-1) 専門領域：軟X線光化学, 光物性

A-2) 研究課題：

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

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 軟X線吸収分光法, 光電子分光法による局所分子間相互作用の研究：本グループでは内殻励起・光電子スペクトルのエネルギーシフト（化学シフト）を1-10 meV オーダーで精密かつ系統的に観測することで、励起・イオン化した原子周辺の局所的な分子間相互作用の変化を明らかにできることを示してきた。特に、その場観測・オペランド観測用軟X線吸収試料セルを開発することによって、マイクロスケール及びナノスケールでの溶液、化学反応、薬剤伝達等の化学状態マッピングを可能にした。
- b) 内殻励起の理論アプローチの開発：本グループで独自開発している軟X線内殻スペクトルの量子化学計算コード GSCF3 や強化版 GSCF4 は世界の放射光施設の実験研究者によって簡単な分子から高分子などの大きな分子まで10年以上前から活用されてきた。

B-1) 学術論文

- M. NAGASAKA, H. YUZAWA, T. HORIGOME and N. KOSUGI**, “Reliable Absorbance Measurement of Liquid Samples in Soft X-Ray Absorption Spectroscopy in Transmission Mode,” *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **224**, 93–99 (2018).
- M. NAGASAKA, H. YUZAWA and N. KOSUGI**, “Intermolecular Interactions of Pyridine in Liquid Phase and Aqueous Solution Studied by Soft X-Ray Absorption Spectroscopy,” *Z. Phys. Chem.* **232**, 705–722 (2018).
- M. NAGASAKA, H. YUZAWA, K. MOCHIZUKI, E. RÜHL and N. KOSUGI**, “Temperature-Dependent Structural Changes in Liquid Benzene,” *J. Phys. Chem. Lett.* **9**, 5827–5832 (2018).
- H. YAMANE and N. KOSUGI**, “Photoelectron Angular Distribution Induced by Weak Intermolecular Interaction in Highly Ordered Aromatic Molecules,” *J. Phys. Chem. C* **122**, 26472–26479 (2018).
- M.-H. LI, H.-H. YEH, Y.-H. CHIANG, U.-S. JENG, C.-J. SU, H.-W. SHIU, Y.-J. HSU, N. KOSUGI, T. OHIGASHI, Y.-A. CHEN, P.-S. SHEN, P. CHEN and T.-F. GUO**, “Highly Efficient 2D/3D Hybrid Perovskite Solar Cells via Low-Pressure Vapor-Assisted Solution Process,” *Adv. Mater.* **30**, 1801401 (13 pages) (2018).
- Y. F. WANG, Y. C. SHAO, S. H. HSIEH, Y. K. CHANG, P. H. YEH, H. C. HSUEH, J. W. CHIOU, H. T. WANG, S. C. RAY, H. M. TSAI, C. W. PAO, C. H. CHEN, H. J. LIN, J. F. LEE, C. T. WU, J. J. WU, Y. M. CHANG, K. ASOKAN, K. H. CHAE, T. OHIGASHI, Y. TAKAGI, T. YOKOYAMA, N. KOSUGI and W. F. PONG**, “Origin of Magnetic Properties in Carbon Implanted ZnO Nanowires,” *Sci. Rep.* **8**, 7758 (13 pages) (2018).

A. KHODABANDEH, R. D. ARRUA, B. R. COAD, T. RODEMANN, T. OHIGASHI, N. KOSUGI, S. C. THICKETT and E. F. HILDER, “Morphology Control in Polymerised High Internal Phase Emulsion Templated via Macro-RAFT Agent Composition: Visualizing Surface Chemistry,” *Polym. Chem.* **9**, 213–220 (2018).

B-3) 総説, 著書

長坂将成, 小杉信博, 「軟X線吸収分光法による水溶液の局所構造解析」, *分光研究* **67(1)**, 2–12 (2018).

長坂将成, 「軟X線吸収分光法による液体と液液界面のオペランド観測」, *Mol. Sci.* **12(1)**, A0096 (12 pages) (2018).

B-4) 招待講演

N. KOSUGI, “Chemical Shifts and Intermolecular Interactions in Liquid X-Ray Spectroscopy,” Workshop on Theoretical X-ray Spectroscopy (CoTXS), Stockholm (Sweden), May 2018.

M. NAGASAKA, “Interactions of Organic Molecules with Water in Aqueous Solutions Studied by Soft X-Ray Absorption Spectroscopy,” Freigeist Workshop 2018 “Carbon Nanomaterials in Aqueous Environment: From Characterization to Applications,” Berlin (Germany), February 2018.

M. NAGASAKA, “Molecular Interaction in Liquid Phase Studied by Soft X-Ray Absorption Spectroscopy,” The 14th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure (ICES-14), Shanghai (China), October 2018.

B-6) 受賞, 表彰

小杉信博, 第68回日本化学会賞 (2016).

初井宇記, 日本放射光学会奨励賞 (2006).

山根宏之, 日本放射光学会奨励賞 (2009).

長坂将成, 日本放射光学会奨励賞 (2013).

山根宏之, 分子科学会奨励賞 (2014).

長坂将成, 分子科学会奨励賞 (2017).

長坂将成, 分子科学研究奨励森野基金研究助成 (2016).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本放射光学会会長 (2017–2019), 評議員 (1994–1995, 1998–1999, 2002–2003, 2006–2007, 2009–2010, 2012–2013, 2015–2017), 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 2005–2007, 放射光光源計画 2009–2011).

日本化学会化学技術賞等選考委員会委員 (2001–2002), 学術賞・進歩賞選考委員会委員 (2014–2015), 学会賞選考委員会委員 (2016–2017).

学会の組織委員等

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

VUV 真空紫外光物理国際会議国際諮問委員 (2004–2008).

X線物理及び内殻過程の国際会議国際諮問委員 (2006–2008).

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

ICISS 電子分光及び電子構造国際会議国際諮問会議委員 (2006–), 副議長 (2015–2018), 議長 (2018–2021).

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

ICISS-11 電子分光及び電子構造国際会議共同議長, 国際プログラム委員長 (2009).

ICISS-8,9,10,12 電子分光及び電子構造国際会議国際プログラム委員 (2000, 2003, 2006, 2012).

IWP 光イオン化国際ワークショップ国際諮問委員・プログラム委員 (1997, 2000, 2002, 2005, 2008, 2011).

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).

日独セミナー Present State and Perspectives of Accelerator-based Photon Sources 日本側代表 (2013).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

文部科学省科学技術・学術審議会専門委員 (研究計画・評価分科会) (2005–2007).

文部科学省科学技術・学術審議会先端研究基盤部会量子ビーム利用推進小委員会委員, 主査代理 (2016–2019).

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), 国際事業委員会書面審査員 (2009–2010, 2014–2015), 国際科学研究費審査委員 (2018), 科学研究費委員会専門委員 (2007–2008, 2012, 2016, 2017, 2018), 特別研究員等審査会専門委員・審査員 (2009–2010, 2014–2015).

科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業 (さきがけ) 領域アドバイザー (2008–2014).

大学共同利用機関法人自然科学研究機構教育研究評議員 (2004–2006, 2010–2016).

高エネルギー加速器研究機構運営協議委員会委員 (2001–2003), 物質構造科学研究所運営協議委員会委員 (2001–2003), 加速器・共通研究施設協議会委員 (2001–2003), 物質構造科学研究所運営会議委員 (2015–2018).

東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設運営委員会委員 (1994–2012, 2014–2018).

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・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), 日本代表 (2018–2019).

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), 登録機関利用活動評価委員会委員 (2008), 専用施設審査委員会委員 (2007–2010), パートナーユーザー審査委員会 (2013–2014).

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), ERL 総括委員会委員長 (2016).

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).

東北放射光施設計画推進室委員 (2013–2014), 第三者委員会委員 (2015), 国際評価委員会委員 (2016).

九州シンクロtron光研究センタービームライン評価委員会委員 (2016).

台湾放射光科学国際諮問委員会委員 (2008–2011).

台湾国立シンクロtron放射研究センター人事委員 (2015–2016).

台湾中央研究院研究計画審査委員 (2010–2012).

フィンランドOulu 大学物理学科教授選考外部専門委員 (2010).

フランスCNRS ANR 基盤研究審査員 (2010–2012).

フランスUPMC(Paris 6)/CNRS Multi-scale Integrative Chemistry (MiChem) プロジェクト外部審査委員 (2011, 2014).

B-10) 競争的資金

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

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

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

科研費基盤研究(B),「軟X線内殻励起の化学シフトの顕微観測と化学的環境解析」, 小杉信博 (2017年–2019年).

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

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

科研費基盤研究(C),「マイクロ流路を用いた溶液反応の時間分解軟X線分光法の開発」, 長坂将成 (2016年–2018年).

科研費若手研究(B),「軟X線吸収分光法によるクロスカップリング反応中間体の直接検出」, 湯澤勇人 (2014年–2015年).

科研費特別研究員奨励費,「軟X線吸収分光による固液界面構造の局所電子状態解析法の開発」, 湯澤勇人 (2014年–2016年).

C) 研究活動の課題と展望

リーダーの転出により, 本グループは分子科学研究所では解散したが, 本グループの予算を投入して開発してきたビームラインはUVSOR 施設が維持管理することになった。今後はUVSOR 施設主導で, 引き続き国際的な視野に立った特徴ある共同研究を国際連携しながら進めていく予定になっている。

*) 2018年4月1日高エネルギー加速研究機構物質構造科学研究所所長

解 良 聡 (教授) (2014 年 4 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：表面物理学，有機薄膜物性

A-2) 研究課題：

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

A-3) 研究活動の概略と主な成果

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

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

B-1) 学術論文

J.-P. YANG, M. MEISSNER, T. YAMAGUCHI, X.-Y. ZHANG, T. UEBA, L.-W. CHENG, S. IDETA, K. TANAKA, X.-H. ZENG, N. UENO and S. KERA, “Band Dispersion and Hole Effective Mass of Methylammonium Lead Iodide Perovskite Single Crystals,” *Sol. RRL* **2**, 1800132 (6 pages) (2018).

Y. NAKAYAMA, H. MASATAKA, N. MORIYA, M. MEISSNER, T. YAMAGUCHI, K. YOSHIDA, M. MURATA, K. MASE, T. UEBA and S. KERA, “Anisotropic Valence Band Dispersion of Single Crystal Pentacene as Measured by Angle-Resolved Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy,” *J. Mater. Res.* **33**, 3362–3370 (2018).

C. YOU, F. XIA, Y. ZHAO, Y. ZHANG, Y. SHENG, Y. WU, X.-C. HANG, F. CHEN, H. MA, K. SHEN, Z. SUN, T. UEBA, S. KERA, C. ZHANG, H. ZHANG, Z.-K. CHEN and W. HUANG, “Probing Triplet Excited States and Managing Blue Light Emission of Neutral Tetradentate Platinum (II) Complexes,” *J. Phys. Chem. Lett.* **9**, 2285–2292 (2018).

Y. KASHIMOTO, K. YONEZAWA, M. MEISSNER, M. GRUENEWALD, T. UEBA, S. KERA, R. FORKER, T. FRITZ and H. YOSHIDA, “The Evolution of Intermolecular Energy Bands of Occupied and Unoccupied Molecular States in Organic Thin Films,” *J. Phys. Chem. C* **122**, 12090–12097 (2018).

C. GAUL, M. SCHWARZE, S. SCHELLHAMMER, F. BUSSOLOTTI, S. KERA, Z. BAO, G. CUNIBERTI, K. LEO and F. ORTMANN, “Efficient Organic Semiconductor Doping: Guidance from n-Doped C₆₀,” *Nat. Mater.* **17**, 439–444 (2018).

C. GUO, S. SARKAR, S. REFAELY-ABRAMSON, D. A. EGGER, T. BENDIKOV, K. YONEZAWA, Y. SUDA, T. YAMAGUCHI, I. PECHT, S. KERA, N. UENO, M. SHEVES, L. KRONIK and D. CAHEN, “Electronic Structure of Dipeptides in the Gas-Phase and as an Adsorbed Monolayer,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **20**, 6860–6867 (2018).

M. SCHWARZE, B. D. NAAB, M. L. TIETZE, R. SCHOLZ, P. PAHNER, F. BUSSOLOTTI, S. KERA, D. KASEMANN, Z. BAO and K. LEO, “Analyzing the n-Doping Mechanism of an Air-Stable Small-Molecule Precursor,” *ACS. Appl. Mater. Interfaces* **10**, 1340–1346 (2017).

B-3) 総説、著書

S. KERA, T. HOSOKAI and S. DUHM, “Characteristics of Organic–Metal Interaction: A Perspective from Bonding Distance to Orbital Delocalization,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **87**, 061008 (7 pages) (2018).

B-4) 招待講演

S. KERA, "Evolution of electron localization upon assembling the molecules on the surface," 9th Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications (ASOMEA-IX), Schluchsee (Germany), October 2018.

S. KERA, "Charge delocalization upon molecular assembly," 9th International Workshop on Low Energy Electron Diffraction and Related Techniques, Remagen (Germany), October 2018.

S. KERA, "Exploring function and property of organic materials by photoelectron spectroscopy," Recent Progress of Organic Electronics in Japan and Korea, Nagoya (Japan), September 2018.

S. KERA, "Evolution of Electron Localization upon Molecular Assembling," International Symposium on Spectroscopy and Dynamics at Surface and Interface, Kyoto (Japan), May 2018.

C. NUMATA, K. YONEZAWA, T. UEBA, M. MEISSNER, R. SHIRAISHI, T. YAMAGUCHI, T. TAGO, Y. SUDA, H. YOSHIDA, H. YAMANE, N. KOSUGI, C. ZWICK, R. FORKER, T. FRITZ and S. KERA, "Impacts of charge relaxation on the energy-level alignment: Tin(IV)phthalocyanine dichloride monolayer on graphite," The 9th International Conference on Technological Advances of Thin Films and Surface Coatings, Shenzhen (China), July 2018.

解良 聡, 「分子性結晶の電子状態の特徴: 局在性の変遷」, 第79回応用物理学会秋季学術講演会(シンポジウム), 名古屋, 2018年9月.

解良 聡, 「紫外光電子分光法による有機半導体の物性・機能評価」, 日本物理学会 2018年秋季年会(シンポジウム), 京田辺, 2018年9月.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

UVSOR 利用者懇談会世話人 (2012–2014).

VUVX (International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-Ray Physics) 真空紫外光物理およびX線物理国際会議国際諮問委員 (2014–).

SRI (International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation) シンクロトロン放射装置技術国際会議国際諮問委員 (2018).

学会の組織委員等

The 9th Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications, International Program Committee (Germany 2018).

The 9th International Conference of Electronic Structure and Processes at Molecular-Based Interfaces, Advisory Panel (Singapore 2017).

The 16th Japan-Korea Molecular Science Symposium, Co-Chair (Busan, Korea 2017).

第28, 29, 30, 31回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム組織委員 (2014, 2015, 2016, 2017).

第75, 76, 77, 78回応用物理学会秋季学術講演会プログラム編成委員 (2014, 2015, 2016, 2017).

第61, 62, 63, 64回応用物理学会春季学術講演会プログラム編成委員 (2014, 2015, 2016, 2017).

The 4th Workshop on Physics in Organic Optoelectronics, Co-Chair (Soochow, China 2016).

学協会連携分子研研究会「表面科学の最先端技術と分子科学(第7回真空・表面科学若手研究会)」運営委員 (2016).

第 76 回岡崎コンファレンス “Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications” 主催者 (2016).

MPI-PKS 国際重点研究会 “Prospects and Limitations of Electronic Structure Imaging by Angle Resolved Photoelectron Spectroscopy,” Co-Chair (Dresden, Germany 2016).

JSPS-NSFC Joint 3rd Workshop on Physics in Organic Optoelectronics, Chair (IMS, Okazaki 2015).

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

第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2013).

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

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

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

21 世紀 COE プログラム若手主導研究会主催者 (2006).

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

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

学会誌編集委員

真空誌編集委員 (2008–2009).

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

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Editorial Board (2015–).

その他

千葉大学工学部工学同窓会部会幹事 (2008–2013).

B-8) 大学での講義, 客員

千葉大学大学院融合科学研究科, 連携客員教授, 2014 年 9 月–.

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

蘇州大学, 客員教授, 2014 年 4 月–.

B-10) 競争的資金

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

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

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

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

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

科研費基盤研究(A), 「分子集合体における電子局在性とその電子-フォノン相互作用の影響」, 解良 聡 (2018 年–).

C) 研究活動の課題と展望

これまで積み重ねてきた大型の機能性分子の高配向薄膜試料を作製するノウハウを活用し、その電子状態を高分解能(高感度)光電子分光法により測定することで、分子材料中の「電子の真の姿を見出すこと」を主眼として進めている。高感度紫外光電子分光装置、気相光電子分光装置、逆光電子分光装置、スポット分析型低速電子線回折装置を用いた実験を進めている。マンパワーが極端に減少し、立ち上げ中のラボ装置としては新規に導入した超短パルスレーザー光源を用いた時間分解光電子分光システムが残された。次年度はスタッフ雇用による新体制構築が必須で、遅滞なく研究を継続する方策を練ることが必要である。一方、UVSOR 放射光施設のビームタイムの申請に努め、一個人ユーザーとして有機固体の未踏の電子状態測定を実現すべく、アドバンス光電子分光実験を実施すると共に、施設長として国内の当該コミュニティの基盤強化を推進するためのユーザー支援に注力する。UVSOR 施設は放射光を利用した分子科学研究分野で国際的な競争力があり、欧米の先端放射光施設と相補的な国際共同研究拠点として貢献している。放射光利用実験の新規展開として、欧米からの遅れを取り戻すべく、運動量分解光電子顕微鏡(k -PEEM)法をベースとした有機固体系の新奇実験装置開発について準備を進めている。関連実験データの理論解析を進めるために、国内外の理論グループとの連携を深めることも不可欠である。

光源加速器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

加藤 政 博（教授）（2000年3月1日着任，2004年1月1日昇任）

A-1) 専門領域：ビーム物理学，加速器科学，放射光科学

A-2) 研究課題：

- a) シンクロトロン光源の研究
- b) 自由電子レーザーの研究
- c) 相対論的電子ビームからの電磁放射の研究
- d) 量子ビームの発生と応用に関する研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) シンクロトロン光源 UVSOR の性能向上に向けた開発研究を継続している。電子ビーム光学系の最適化による電子ビーム輝度の大幅な向上，電子ビーム強度を一定に保つトップアップ入射の導入などに成功し，低エネルギー放射光源としては世界最高水準の光源性能を実現した。高輝度放射光発生のために真空封止アンジュレータ3台，可変偏光型アンジュレータ3台を設計・建設し，稼働させた。
- b) 自由電子レーザーに関する研究を継続している。蓄積リング自由電子レーザーとして世界最高の出力を記録した。また，共振器型自由電子レーザーに関する基礎研究を進め，レーザー発振のダイナミクスやフィードバック制御に関する先駆的な成果を上げた。次世代の放射光源である回折限界リングや高繰り返し極紫外自由電子レーザーに関する基礎研究を進めた。
- c) 外部レーザーを用いて電子パルス上に微細な密度構造を形成することでコヒーレント放射光を極紫外領域やテラヘルツ領域において生成する研究を継続している。この手法により一様磁場中から準単色テラヘルツ放射光を発生することに世界に先駆けて成功した。電子パルス上に形成された密度構造の時間発展に関するビームダイナミクス研究により先駆的な成果を上げた。高エネルギー電子ビームによる光渦の生成に成功し，その原理の解明に世界に先駆けて成功した。自然界での光渦の生成の可能性について，研究を進めると共に，深紫外・真空紫外領域での物質系と光渦の相互作用に関する基礎研究を進めている。
- 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継続している。パルス幅数ピコ秒以下の超短ガンマ線パルスの生成，エネルギー可変性の実証に成功した。光陰極を用いた電子源の開発を進めている。また，これら偏極量子ビームの応用研究の開拓を進めている。

B-1) 学術論文

Y. TAIRA and M. KATOH, "Generation of Optical Vortices by Nonlinear Inverse Thomson Scattering at Arbitrary Angle Interactions," *Astrophys. J.* **860**, 45 (11 pages) (2018).

S. MATSUBA, K. KAWASE, A. MIYAMOTO, S. SASAKI, M. FUJIMOTO, T. KONOMI, N. YAMAMOTO, M. HOSAKA and M. KATOH, "Generation of Vector Beam with Tandem Helical Undulators," *Appl. Phys. Lett.* **113**, 021106 (4 pages) (2018).

H. ZEN, T. HAYAKAWA, E. SALEHI, M. FUJIMOTO, T. SHIZUMA, J. K. KOGA, T. KII, M. KATOH and H. OHGAKI, “Generation of 1-MeV Quasi-Monochromatic Gamma-Ray for Precise Measurement of Delbrück Scattering by Laser Compton Scattering,” *J. Phys.: Conf. Ser.* **1067**, 092003 (5 pages) (2018).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

A. MOCHIHASHI, J. HASEGAWA, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, M. FUJIMOTO, K. HAYASHI and M. KATOH, “Suppression of Longitudinal Coupled Bunch Instability by Harmonic Cavity in UVSOR Electron Storage Ring,” *Proc. 9th Internat. Particle Accel. Conf. (Vancouver, 2018)*, 3280–3282 (2018).

A. MOCHIHASHI, K. YAMAMURA, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, H. OHKUMA, M. FUJIMOTO and M. KATOH, “Perturbation to Stored Beam by Pulse Sextupole Magnet and Disturbance of the Sextupole Magnetic Field in Aichi Synchrotron Radiation Center,” *Proc. 9th Internat. Particle Accel. Conf. (Vancouver, 2018)*, 4232–4234 (2018).

B-6) 受賞, 表彰

島田美帆, 第8回日本加速器学会奨励賞 (2011).

平 義隆, 第7回日本物理学会若手奨励賞 (2012).

肥田洋平, 第9回日本加速器学会年会賞(ポスター部門) (2012).

丹羽貴弘, 第9回日本加速器学会年会賞(ポスター部門) (2012).

平 義隆, 第9回日本加速器学会年会賞(口頭発表部門) (2012).

梶浦陽平, 第10回日本加速器学会年会賞(ポスター部門) (2013).

稲垣利樹, 第11回日本加速器学会年会賞(ポスター部門) (2014).

伊藤圭也, 第12回日本加速器学会年会賞(ポスター部門) (2015).

宮内智寛, 第12回日本加速器学会年会賞(ポスター部門) (2015).

加藤政博, 第20回超伝導科学技術賞(未踏科学技術協会) (2016).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本加速器学会評議員 (2008–2009, 2014–2017).

日本放射光学会評議員 (2006–2009, 2010–2012, 2013–2015, 2016–2018).

学会の組織委員等

日本加速器学会組織委員 (2004–).

日本放射光学会第13回年会プログラム委員長 (2000).

日本加速器学会第10回年会プログラム委員長 (2013).

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 (2015–2016).

日本学術振興会審査・評価部会委員 (2017).

高エネルギー加速器研究機構 ERL 計画推進委員会委員 (2009–).

高エネルギー加速器研究機構 ERL 計画評価専門委員会委員長 (2017).

高エネルギー加速器研究機構 Photon Factory Machine Advisory Committee 委員 (2017).

高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設運営委員 (2018-).

学会誌編集委員

日本放射光学会誌編集委員 (2001-2002).

B-8) 大学での講義, 客員

名古屋大学シンクロtron光研究センター, 客員教授, 2018年4月-.

高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設, 客員教授, 2018年4月-.

B-10) 競争的資金

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

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

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

科研費基盤研究(B), 「シンクロtron放射による真空紫外コヒーレント光渦ビームの発生」, 加藤政博 (2014年-2016年).

科研費基盤研究(A), 「渦放射光発生技術の高度化と利用への展開」, 加藤政博 (2017年-).

C) 研究活動の課題と展望

UVSOR は2000年以降の高度化により, 既に低エネルギーのシンクロtron光源としては世界的にも最高レベルの性能に到達した。この光源性能を100%引き出すための安定性の向上を目指し, パルス六極磁石による高度な入射方式の開発やビーム不安定性抑制法の開発を名古屋大学と協力し継続している。

自由電子レーザー及び外部レーザーを用いたコンプトン散乱ガンマ線の発生とその利用法の開拓に, 名古屋大学, 京都大学, 量子技術研究開発機構, 山形大学などと協力し取り組んでいる。発生法の開発から, 核共鳴蛍光イメージング法の開発, 光子光子相互作用に関する基礎物理学実験, 陽電子消滅法による材料評価など, 応用技術へ重心を移す。

放射光による光渦の生成については, 広島大学, 名古屋大学などと協力し, その光学的特性の詳細評価, さらに放射光光渦同士合成によるベクトルビーム発生など, UVSOR の研究環境を活用して世界に先駆けた研究を継続して進める。また, 深紫外・真空紫外域の光渦ビームを用いた光渦と物質系の相互作用に関する実験研究を九州シンクロtron光センター, 富山大学などと協力し継続して進める。

電子ビーム制御研究部門（極端紫外光研究施設）

松 井 文 彦（主任研究員）（2018年4月1日着任）

A-1) 専門領域：表面物性物理学，放射光科学，電子分光計測技術

A-2) 研究課題：

- a) 電子分光装置の新規開発とビームラインの高度化
- b) 光電子回折・分光に関する現象の解明と測定手法開発
- c) 表面電子物性・化学特性にかかわる新奇現象の解明

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) ① UVSOR 型 Momentum Microscope (MM) 導入計画推進を主務としている。MM を開発した Forschungszentrum Jülich (FZJ) の電子物性部門 (PGI-6) と学術協定を結び、表面電子物性の共同研究を進めている。MM は空間・波数空間・エネルギーの幅広い範囲での高分解能測定を可能にするユニークな分析器である。電子物性研究に有力な VUV/EUV 領域での高強度・可偏光などといった UVSOR の光源特性を活かした測定機能を実現する MM をデザインし、今年度は FZJ や装置メーカーと打ち合わせを重ね導入計画を開始した。② 他方、設置予定の BL6U には従来型の静電半球分析器に機械式電子軌道ディフレクタを組み合わせた広角取込み角度分解光電子分光システムが立ち上げ中であったが、着任後これを引き継ぎユーザー利用供与の開始にこぎつけた。③ 並行して収差補正メッシュレンズとコリメータプレートを特徴とする新規表示型分析器の開発を進めている。①は high-end 型，②は汎用型の波数分解光電子分光装置，③は光電子ホログラフィー用の角度分解光電子分光装置という位置づけである。
- b) 連続的なエネルギー可変性が放射光の最大の特徴である。BL6U は軟X線領域 (45–700 eV) をカバーする直線偏光ビームラインである。① UVSOR の測定系チームとともに光学系のオゾン洗浄を行い、分子科学で重要となる C 吸収端の光を供給できるようにした。元素選択的な共鳴励起によって価電子帯の原子軌道構成を解明できる共鳴光電子分光の実験を成功させた。吸収端にてグラファイトの π バンドが選択的に励起される様子を波数空間上で可視化したが、炭素吸収端で実現が確認できたのは分子吸着系に適応範囲を拡大していく上で重要である。② 光エネルギー可変性を活かし k_z 分散を測定すると例えば層状物質の原子軌道の層間の相互作用についてユニークな情報が得られる。これまでこの光電子構造因子解析の手法を開発してきたが BL6U にて MoSe_2 の原子軌道解析を進め国際会議にて成果発表することができた。
- c) 光電子回折・分光を用いて Fe 系超伝導体やグラファイト層間化合物など層状物質超伝導体の原子構造と電子状態を研究している。層状物質は容易に劈開でき、その表面の電子状態の研究が盛んであるが、劈開容易面とバルクの平均構造は全く別物であることをいくつかの系について明らかにしてきた。分子研に着任し引き続き、試料作製・物性評価グループとの共同研究を行っている。アルカリ金属ドーパ系など嫌気性の試料を取り扱い、上述のビームラインで測定できる装置を構築している。

B-1) 学術論文

D. MORI, Y. FUJITA, T. HIROSE, K. MURATA, H. TSUCHIDA and F. MATSUI, “Atomic Characterization of Nano-Facet Nitridation at SiC (1 $\bar{1}$ 00) Surface,” *Appl. Phys. Lett.* **112**, 131603 (4 pages) (2018).

D. Y. USACHOV, A. V. TARASOV, K. A. BOKAI, V. O. SHEVELEV, O. Y. VILKOV, A. E. PETUKHOV, A. G. RYBKIN, I. I. OGORODNIKOV, M. V. KUZNETSOV, M. MUNTWILER, F. MATSUI, L. V. YASHINA, C. LAUBSCHAT and D. V. VYALIKH, “Site- and Spin-Dependent Coupling at the Highly Ordered *h*-BN/Co(0001) Interface,” *Phys. Rev. B* **98**, 195438 (10 pages) (2018).

T. MATSUSHITA, T. MURO, F. MATSUI, N. HAPPO, S. HOSOKAWA, K. OHOYAMA, A. SATO-TOMITA, Y. C. SASAKI and K. HAYASHI, “Principle and Reconstruction Algorithm for Atomic-Resolution Holography,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **87**, 061002 (11 pages) (2018).

H. OTA, M. SHIMOMURA and F. MATSUI, “Separation of Surface- and Bulk-Specific Ti *L*-Edge XANES Spectra of Rutile (110) Surface,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **87**, 013601 (5 pages) (2018).

F. MATSUI, T. MATSUSHITA and H. DAIMON, “Holographic Reconstruction of Photoelectron Diffraction and Its Circular Dichroism for Local Structure Probing,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **87**, 061004 (11 pages) (2018).

M. V. KUZNETSOV, I. I. OGORODNIKOV, D. Y. USACHOV, C. LAUBSCHAT, D. V. VYALIKH, F. MATSUI and L. V. YASHINA, “Photoelectron Diffraction and Holography Studies of 2D Materials and Interfaces,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **87**, 061005 (12 pages) (2018).

F. MATSUI, H. OTA, K. SUGITA, M. MUNTWILER, R. STANIA and T. GREBER, “Parallel and Antiparallel Angular Momentum Transfer of Circularly Polarized Light to Photoelectrons and Auger Electrons at the Ni L_3 Absorption Threshold,” *Phys. Rev. B* **97**, 035424 (6 pages) (2018).

F. MATSUI, H. NISHIKAWA, H. DAIMON, M. MUNTWILER, M. TAKIZAWA, H. NAMBA and T. GREBER, “The $4\pi k_z$ Periodicity in Photoemission from Graphite,” *Phys. Rev. B* **97**, 045430 (6 pages) (2018).

B-3) 総説, 著書

F. MATSUI, “Auger Electron Spectroscopy,” in *Compendium of Surface and Interface Analysis*, Springer, Chapter 7, pp. 39–44 (2018).

F. MATSUI, “Photoelectron Diffraction,” in *Compendium of Surface and Interface Analysis*, Springer, Chapter 73, pp. 445–450 (2018).

F. MATSUI, “Photoelectron Holography,” in *Compendium of Surface and Interface Analysis*, Springer, Chapter 74, pp. 451–455 (2018).

松井文彦, 「3.4 光電子回折・光電子ホログラフィー法」, 「5.2 磁性薄膜材料への応用」, 「X線光電子分光法」, 高桑雄二編, 講談社サイエンティフィク (2018).

B-4) 招待講演

松井文彦, 「光電子ホログラフィー」, 3D活性サイト科学春の学校, 奈良先端科学技術大学院大学, 生駒, 2018年6月.

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

表面構造に関する国際学会 ICSOS 国際アドバイザー委員 (2017-).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

日本学術振興会マイクロビームアナリシス第 141 委員会企画幹事 (2014-).

学会誌編集委員

日本表面真空学会出版委員 (2013-).

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B), 「軌道磁気量子数計測法の確立と低次元電子物性研究への応用」, 松井文彦 (2017年-2020年).

科研費新学術領域研究(研究領域提案型), 「3D活性サイト科学のプラットフォーム構築による総括と研究支援」(代表: 大門寛), 松井文彦(研究分担者) (2014年-2019年).

科研費新学術領域研究(研究領域提案型), 「3D活性サイト科学の海外拠点・国際ネットワーク構築」(代表: 大門寛), 松井文彦(研究分担者) (2015年-2019年).

科研費新学術領域研究(研究領域提案型), 「顕微光電子ホログラフィーによる活性サイトの時間分解3D原子イメージング」(代表: 木下豊彦), 松井文彦(研究分担者) (2014年-2019年).

大 東 琢 治 (助教) (2011 年 8 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：X線光学

A-2) 研究課題：

- a) 走査型透過軟X線顕微鏡ビームラインの発展
- b) 走査型透過軟X線顕微鏡を用いた応用手法の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 2017年度にビームラインで50 eVまでのX線の出力を達成したが、主に高次光の強い影響によって、リチウムそのものの吸収スペクトルを得ることができなかった。今年度、高次光の成分を突き止め、シリコンカーバイド膜を用いてフィルタリングすることにより、初となる塩化リチウムと炭酸リチウム混合物の顕微吸収スペクトルを得ることができた。
- b) STXMにComputer Tomographyを用いてHeLa S3細胞単離核の観察を行い、これを酸素K吸収端近傍における3次元スペクトロスコーピー法へと発展させ、細胞単離核内の吸収スペクトルの3次元分布を測定することに成功した。またゴム材料の劣化プロセスの過程を、クライオ冷却システムを用いて分析を行ってきた。

B-1) 学術論文

M.-H. LI, H.-H. YEH, Y.-H. CHIANG, U.-S. JENG, C.-J. SU, H.-W. SHIU, Y.-J. HSU, N. KOSUGI, T. OHIGASHI, Y.-A. CHEN, P.-S. SHEN, P. CHEN and T.-F. GUO, “Highly Efficient 2D/3D Hybrid Perovskite Solar Cells via Low-Pressure Vapor-Assisted Solution Process,” *Adv. Mater.* **30**, 1801401 (13 pages) (2018).

Y. F. WANG, Y. C. SHAO, S. H. HSIEH, Y. K. CHANG, P. H. YEH, H. C. HSUEH, J. W. CHIOU, H. T. WANG, S. C. RAY, H. M. TSAI, C. W. PAO, C. H. CHEN, H. J. LIN, J. F. LEE, C. T. WU, J. J. WU, Y. M. CHANG, K. ASOKAN, K. H. CHAE, T. OHIGASHI, Y. TAKAGI, T. YOKOYAMA, N. KOSUGI and W. F. PONG, “Origin of Magnetic Properties in Carbon Implanted ZnO Nanowires,” *Sci. Rep.* **8**, 7758 (13 pages) (2018).

K. SHINOHARA, T. OHIGASHI, S. TONE, M. KADO and A. ITO, “Quantitative Analysis of Mammalian Chromosome by Scanning Transmission Soft X-Ray Microscopy,” *Ultramicroscopy* **194**, 1–6 (2018).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

T. OHIGASHI, A. ITO, K. SHINOHARA, S. TONE, Y. INAGAKI, H. YUZAWA and N. KOSUGI, “3-Dimensional Chemical Structures of an Isolated Cell Nucleus by a Scanning Transmission X-Ray Microscope,” *Microsc. Microanal.* **24**, 400–401 (2018).

M. M. SHIROLKAR, Y. F. WANG, Y. C. SHAO, K. H. CHEN, H. T. WANG, X. S. QUI, J. S. YANG, J. J. WU, J. W. CHIOU, T. OHIGASHI, N. KOSUGI and W. F. PONG, “Probing the Electronic Structure of BiVO₄ Coated ZnO Nanodendrite Core-Shell Nanocomposite Using X-Ray Spectroscopic and Spatially Resolved Scanning Transmission X-Ray Microscopy Studies,” *Microsc. Microanal.* **24**, 468–469 (2018).

M. HUTTULA, M. PATANEN, R. PIISPANEN, T. OHIGASHI, N. KOSUGI, S. SWARAJ, R. BELKHOU, A. PRANOVICH, T. JYSKE, P. KILPELAINEN, A. KARKONEN, R. KORPINEN, T. LAAKSO, S. VALKONEN and P. SARANPAA, “STXM Chemical Mapping of Norway Spruce Knotwood Lignans,” *Microsc. Microanal.* **24**, 482–483 (2018).

B-4) 招待講演

T. OHIGASHI, “BL4U Spectromicroscopy Beamline—From Skin to Steel,” Special Seminar, Freie Universität Berlin, Berlin (Germany), June 2018.

T. OHIGASHI, “BL4U spectromicroscopy beamline and its application from skin to steel,” I4FUTURE, University of Oulu, Oulu (Finland), June 2018.

大東琢治, 「はやぶさ2が教えてくれる宇宙のふしぎ」, 第一回KITサイエンスカフェ, 神戸常磐大学子育て支援施設KIT, 兵庫県神戸市, November 2018.

大東琢治, 「UVSORにおける走査型透過X線顕微鏡の現状と将来展望」, 短期研究会「軟X線放射光科学のアップシフト」, 東京大学物性研究所, 千葉県柏市, December 2018.

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

SpectroNanoscropy Workshop, Organizing Committee (2014–).

X線結像光学研究会幹事 (2015–).

第32回日本放射光学会年会シンポジウム組織委員会 (2018).

International Conference on X-ray Optics and Applications 2017 プログラム委員 (2016–2017).

第26回バイオイメージング学会学術集会プログラム委員 (2017).

第13回X線結像光学研究会組織委員会 (2015).

第27回日本放射光学会年会シンポジウム組織委員会 (2013).

分子研研究会 (学協会連携)・放射光学会第8回若手研究会「軟X線イメージングの描く未来」主催 (2015).

学会誌編集委員

Synchrotron Radiation News, Editor (2017–).

日本放射光学会誌編集委員 (2012–2014).

その他

第一回KITサイエンスカフェ講師 (2018).

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, 2018年.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(C) (一般), 「走査型透過軟X線顕微鏡による超軽元素2次元化学状態分析法の開発」, 大東琢治 (2016年–2018年).

B-11) 産学連携

共同研究, (株)住友ゴム工業, 「走査型透過X線顕微鏡を用いたポリマー中の薬品・添加剤の分散及び化学状態解析」, 大東琢治 (2017年–2019年).

光物性測定器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

田中清尚（准教授）（2014年4月1日着任）

A-1) 専門領域：物性物理学，放射光科学

A-2) 研究課題：

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

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) UVSOR BL5Uにおいて、一軸圧を印可した状態での鉄系高温超伝導体 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ の角度分解光電子分光測定を行い、近年新しく報告され注目を集めている C_4 相の組成・温度領域においてのみ、電子状態が4回対称性を示すことを直接観測することに成功した。また BL7Uにおいて超伝導ギャップを観測することで、 C_4 相の組成においてのみ、超伝導ギャップのエネルギーに異常が観測された。具体的には Γ 点近傍のホール面を形成するバンドの一つが抑制されていること、さらに電子面を形成しているバンドに顕著な運動量空間依存性を観測した。この結果により観測されたフェルミ面間のネスティングを考慮することで、中性子散乱で観測されている異常な振る舞いを説明することができることがわかった。
- b) ビームラインとエンドステーションの全面的な更新を行っていた BL5U は2016年度より高分解能角ビームラインとしてユーザー利用を開始した。2018年度に試料直前に最終集光ミラーを配置することでビームを $400 \text{ (H)} \times 120 \text{ (V)} \mu\text{m}$ から $23 \text{ (H)} \times 40 \text{ (V)} \mu\text{m}$ に集光することに成功し、微小な試料や不均一な試料の測定が可能となった。また高効率スピン分解角度分解光電子分光測定の計画も進めている。
- c) 角度分解光電子分光実験の高エネルギー分解能測定には、試料をどれだけ冷却できるかが重要となる。BL5U用に開発した冷却可能な5軸マニピュレータは、これまで試料部において3.8 K、参照用金部で3.2 Kという放射光施設の光電子分光装置としては世界でもトップクラスの低温を実現している。現在 UVSOR で最も高分解能な測定が可能である BL7U では、試料を12 Kまでしか冷却することができないため、その性能を十分生かすことができていない。そこで今回 BL5U で得たノウハウを応用し、試料部において5 Kを目指して新たに6軸マニピュレータの開発を進め、試料部において4.5 K、参照用金部で4.2 Kを達成した。2018年度初めにビームラインへ導入した。

B-1) 学術論文

S. CHO, B. S. KIM, B. KIM, W. KYUNG, J. SEO, M. PARK, J. W. JEON, K. TANAKA, J. D. DENLINGER, C. KIM, D. ODKHUU, B. H. KIM and S. R. PARK, “Electronic-Dimensionality Reduction of Bulk MoS_2 by Hydrogen Treatment,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **20**, 23007–23012 (2018).

T. NAKAMURA, Y. OHTSUBO, Y. YAMASHITA, S. IDETA, K. TANAKA, K. YAJI, A. HARASAWA, S. SHIN, F. KOMORI, R. YUKAWA, K. HORIBA, H. KUMIGASHIRA and S. KIMURA, “Giant Rashba Splitting of Quasi-One-Dimensional Surface States on $\text{Bi/InAs}(110)-(2 \times 1)$,” *Phys. Rev. B* **98**, 075431 (7 pages) (2018).

N. MURAI, K. SUZUKI, S. IDETA, M. NAKAJIMA, K. TANAKA, H. IKEDA and R. KAJIMOTO, “Effect of Electron Correlations on Spin Excitation Bandwidth in $\text{Ba}_{0.75}\text{K}_{0.25}\text{Fe}_2\text{As}_2$ as Seen via Time-of-Flight Inelastic Neutron Scattering,” *Phys. Rev. B* **97**, 241112(R) (6 pages) (2018).

Y. SUGIYAMA, C. BERNARD, Y. OKUYAMA, S. IDETA, K. TANAKA, T. GREBER and T. HIRAHARA, “Flattening and Manipulation of the Electronic Structure of h-BN/Rh(111) Nanomesh upon Sn Intercalation,” *Surf. Sci.* **672-673**, 33–38 (2018).

T. ITO, D. PINEK, T. FUJITA, M. NAKATAKE, S. IDETA, K. TANAKA and T. OUISSE, “Electronic Structure of Cr_2AlC as Observed by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy,” *Phys. Rev. B* **96**, 195168 (9 pages) (2018).

B-4) 招待講演

K. TANAKA, “Suppression of superconducting gap on $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ ($x \sim 0.25$) observed by angle-resolved photoemission spectroscopy,” International Workshop on Recent Progress in Superconductivity, Pyeongchang (Korea), July 2018.

B-7) 学会および社会的活動

学会誌編集委員

日本放射光学会誌編集委員 (2014–2016).

日本放射光学会誌編集委員 (2016–). (出田真一郎)

B-10) 競争的資金

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

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

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

自然科学研究機構新分野創成センターイメージングサイエンス研究分野プロジェクト, 「ディフレクターを用いた新しい高分解能運動量空間電子状態イメージング」, 田中清尚 (2015年).

科研費若手研究 (B), 「角度分解光電子分光及びフェムト秒時間分解電子線回折による高温超伝導起源の解明」, 出田真一郎 (2015年–2016年).

C) 研究活動の課題と展望

これまで整備・立ち上げを進めてきた UVSOR の BL5U の高分解能角度分解光電子分光ビームラインはユーザー利用を開始した。現在、高分解能を利用した角度分解光電子分光実験を行っており成果が出始めている。今年度は試料直前に最終集光ミラーを配置することでビームを $400 \text{ (H)} \times 120 \text{ (V)} \mu\text{m}$ から $23 \text{ (H)} \times 40 \text{ (V)} \mu\text{m}$ に集光することに成功し、微小な試料や不均一な試料の測定が可能となった。新しい高効率スピン分解測定手法の開発も進めている。

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（技術課長）（2017年10月1日着任）

A-1) 専門領域：原子分子分光，光化学反応動力学

B-1) 学術論文

SH. YAMAMOTO, T. OMI, H. AKAI, Y. KUBOTA, Y. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, Y. HIRATA, K. YAMAMOTO, R. YUKAWA, K. HORIBA, H. YUMOTO, T. KOYAMA, H. OHASHI, S. OWADA, K. TONO, M. YABASHI, E. SHIGEMASA, S. YAMAMOTO, M. KOTSUGI, H. WADATI, H. KUMIGASHIRA, T. ARIMA, S. SHIN and I. MATSUDA, “Element Selectivity in Second-Harmonic Generation of GaFeO₃ by a Soft-X-Ray Free-Electron Laser,” *Phys. Rev. Lett.* **120**, 223902 (5 pages) (2018).

K. TAMASAKU, E. SHIGEMASA, Y. INUBUSHI, I. INOUE, T. OSAKA, T. KATAYAMA, M. YABASHI, A. KOIDE, T. YOKOYAMA and T. ISHIKAWA, “Nonlinear Spectroscopy with X-Ray Two-Photon Absorption in Metallic Copper,” *Phys. Rev. Lett.* **121**, 083901 (5 pages) (2018).

J. PALAUDOUX, T. KANEYASU, L. ANDRIC, S. CARNIATO, G. GAMBLIN, F. PENENT, Y. HIKOSAKA, E. SHIGEMASA, K. ITO, S. FRITZSCHE, R. KUKK, S. SHEINERMAN, R. F. FINK, P. LABLANQUIE and R. PÜTTNER, “Selectivity of the Br 3d⁻¹ Auger Decays in HBr,” *Phys. Rev. A* **98**, 043406 (15 pages) (2018).

B-8) 大学での講義，客員

新潟大学大学院自然環境科学科，自然環境科学集中講義「原子分子物理学Ⅱ」，2018年11月15日-16日，12月6日-7日。

岩 山 洋 士 (助教) (2010 年 4 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) 透過型X線吸収分光法による液晶相の局所構造解析
- b) 内殻励起およびイオン化された原子・分子・クラスターの緩和ダイナミクスの研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 透過型X線吸収法を用いて液晶物質についての研究を進めている。液晶分子は分子が凝集し集団となることで複屈折などの機能を有する材料であり, 分子1個の性質を調べただけではその機能・物性解明には不十分である。応用上重要な液晶分子のネマティック相は長距離秩序がないが, 分子集団の配向性が揃うことで, 複屈折率などの重要な機能が発現する。そのため, 分子内の主要な部分がどのような配向を取りながら配列しているかなどの構造情報が重要であり, X線吸収分光法(XAS)のような局所構造解析手法が有益だと考えられる。液晶相は液体相同様に蒸気圧の観点から真空槽に導入することができず, 従来計測が不可能であった。一般には蒸着による固相を液晶モデルとした研究のみである。そこで試料厚を10 nmから数100 nmに調整できる液体セルを用いて, *in situ* 液晶相での液晶分子を対象に透過型XAS計測を行った。実験で用いた試料は, 代表的な液晶分子であり棒状形状を有する4-Cyano-4'-pentylbiphenylを用い, また固相・液晶相また液晶相・液体相の相転移温度がそれぞれ22 °C, 35 °Cと常温付近であるため, 試料温度を制御することで3つの相でのXAS測定を行った。その結果, XASスペクトル形状は各相でほぼ同じであったが, 内殻共鳴のピークエネルギーがわずかに変化する様子が観測された。これは, 固相・液晶層・液体相で局所的な構造の変化を反映していると考えられる。このように, 液晶材の局所構造に依存した電子状態研究に関して透過XAS法が有益な手段となり得ることを示した。
- b) 内殻励起した窒素分子クラスターを用いて2つの窒素分子間の分子間クーロン緩和(ICD)過程について研究した。ICD過程の特徴として, 2価イオン化の閾値を下げる効果が挙げられる。これは, 1つの分子を2価イオン化するよりも, 2つの分子をそれぞれ1価イオン化したほうが分子間のクーロンエネルギーを考慮しても, エネルギーが低くなるためである。そこで, 孤立窒素分子と窒素分子クラスターの2価イオン化閾値をオージェ電子・イオン同期法により計測し, 窒素分子クラスターの2価イオン化閾値が孤立窒素分子に比べて低下していることを観測した。

B-4) 招待講演

H. IWAYAMA, "Interaction of rare gas clusters with intense EUV-FEL pulses," Marc Simon work shop on atomic and molecular photoionization dynamics, Tokyo (Japan), August 2018.

B-6) 受賞, 表彰

岩山洋士, 原子衝突若手奨励賞(2018).

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

第 27 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2014).

第 28 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2015).

日本物理学会領域1運営委員(原子・分子分科) (2018-).

学会誌編集委員

日本放射光学会誌編集委員 (2010–2012, 2018-).

B-10) 競争的資金

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

科研費若手研究(B), 「自由電子レーザー励起によるレーザープラズマ光源の研究開発」, 岩山洋士 (2012年–2014年).

科研費若手研究(B), 「高温ガスセルを用いた振動励起した分子の光電子分光法の開発」, 岩山洋士 (2016年–2018年).