

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ーの開発
- g) バルク固体の極限コヒーレント制御

A-3) 研究活動の概略と主な成果

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

B-3) 総説, 著書

大森賢治,「ようこそ量子」, INTERVIEW #015; #017, 国立情報学研究所量子情報国際研究センター, 2017年3月24日(2017).
N. TAKEI, C. SOMMER, C. GENES. G. PUPILLO, H. GOTO, K. KOYASU, H. CHIBA, M. WEIDEMÜLLER and K. OHMORI, “Ultrafast Quantum Simulator,” 2Physics (invited article), <http://www.2physics.com/2017/03/ultrafast-quantum-simulator.html>, March 2017 (2017).

B-4) 招待講演 (* 基調講演)

大森賢治,「量子科学技術の拓く未来社会とは」, JXTG エネルギー株式会社中央技術研究所, 横浜(日本), 2017年7月.

大森賢治,「量子科学技術の国際動向と日本の展望」, 林芳正文部科学大臣主催会合, 京都(日本), 2017年10月.

K. OHMORI, “Ultrafast Many-Body Electron Dynamics in a Strongly Correlated Ultracold Rydberg Gas,” Atomic and Laser Physics Seminar, University of Oxford, Oxford (U.K.), November 2017.*

K. OHMORI, “Ultrafast Many-Body Electron Dynamics in a Strongly Correlated Ultracold Rydberg Gas,” Max Planck Institute for the Science of Light, Erlangen (Germany), October 2017.

K. OHMORI, “Ultrafast Many-Body Electron Dynamics in a Strongly Correlated Ultracold Rydberg Gas,” CUA Seminar Series, MIT-Harvard Center for Ultracold Atoms, Cambridge (U.S.A.), September 2017.*

K. OHMORI, “Ultrafast Many-Body Electron Dynamics in a Strongly Correlated Ultracold Rydberg Gas,” Gordon Research Conference on “Quantum Control of Light and Matter,” Mount Holyoke College, South Hadley (U.S.A.), August 2017.*

K. OHMORI, “Ultrafast Many-Body Electron Dynamics in a Strongly Correlated Ultracold Rydberg Gas,” Institut d’Optique, Palaiseau (France), May 2017.

K. OHMORI, “Ultrafast Many-Body Electron Dynamics in a Strongly Correlated Ultracold Rydberg Gas,” Les Houches/Telluride Workshop on “Quantum Dynamics and Spectroscopy of Functional Molecular Materials and Biological Photosystems,” Les Houches (France), May 2017.*

K. OHMORI, “Ultrafast Many-Body Electron Dynamics in a Strongly Correlated Ultracold Rydberg Gas,” IQOQI, University of Innsbruck (Austria), May 2017.

大森賢治,「量子科学技術の拓く未来社会とは」, JXTG エネルギー株式会社・中央技術研究所, 横浜(日本), 2017年7月.

武井宣幸,「強相関リユードバリ原子を用いた超高速量子シミュレーター」, 第14回原子・分子・光科学(AMO)討論会, 電気通信大学, 調布(日本), 2017年6月.

N. TAKEI, "Ultrafast many-body electron dynamics in a strongly-correlated ultracold Rydberg gas," BIT's 1st Annual Conference of Quantum World-2017, Changsha (China), October 2017.

B-6) 受賞, 表彰

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).
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–).

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-).

学会誌編集委員

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。

平成16年度安城市シルバーカレッジ「原子のさざ波と不思議な量子の世界」。

岡崎市立小豆坂小学校 第17回・親子おもしろ科学教室「波と粒の話」。

立花隆+自然科学研究機構シンポジウム 爆発する光科学の世界——量子から生命体まで——「量子のさざ波を光で
制御する」。

B-8) 大学での講義, 客員

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

B-10) 競争的資金

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), 共同研究(科研費・特別推進研究を共同推進), 大森賢治(2017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, 多体量子問題のシミュレーション実験, 量子情報処理, 極低温化学反応の観測と制御を目指す。

これらの研究の途上で量子論を深く理解するための何らかのヒントが得られるかもしれない。その理解はテクノロジーの発展を促すだろう。我々が考えている「アト秒量子エンジニアリング」とは, 量子論の検証とそのテクノロジー応用の両方を含む概念である。

光分子科学第三研究部門

小 杉 信 博 (教授) (1993 年 1 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：軟X線光化学, 光物性

A-2) 研究課題：

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

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 軟X線吸収分光法, 光電子分光法による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。特に最近は、 μ スケールの空間分解能を有するその場観測用軟X線吸収試料セルを開発することによって、研究対象を拡大している。また、集光素子を使ったナノスケール化学状態マッピングの開拓的研究にも取り組んでいる。具体的には、濃度や温度に依存した溶液（二成分液体）の溶質の周りの局所的な配位構造の相転移的現象などを解明することに成功している。電極反応や触媒反応のその場観測やこれまでバンド形成が見つからなかったような弱い分子間相互作用によるバンド分散の観測等にも成功している。
- b) 内殻励起の理論アプローチの開発：本グループで独自開発している軟X線内殻スペクトルの量子化学計算コード GSCF3 は世界の放射光施設（スウェーデン MAX, 米 ALS, 独 BESSY, カナダ CLS, 仏 SOLEIL, 伊 ELETTRA など）の実験研究者によって簡単な分子から高分子などの大きな分子まで10年以上前から活用されている。最近、内殻励起の実験研究が進み、多電子励起、スピン軌道相互作用、円偏光度などの新たな測定結果に対しても理論解析が要求されるようになった。そのため、新たに内殻励起計算用量子化学 CI コード GSCF4 の開発・整備を進めている。

B-1) 学術論文

H. YAMANE and N. KOSUGI, “High Hole-Mobility Molecular Layer Made from Strong Electron Acceptor Molecules with Metal Adatoms,” *J. Phys. Chem. Lett.* **8**, 5366–5371 (2017).

M. NAGASAKA, H. YUZAWA and N. KOSUGI, “Interaction between Water and Alkali Metal Ions and Its Temperature Dependence Revealed by Oxygen K-Edge X-Ray Absorption Spectroscopy,” *J. Phys. Chem. B* **121**, 10957–10964 (2017).

T. GEJO, M. OURA, T. TOKUSHIMA, Y. HORIKAWA, H. ARAI, S. SHIN, V. KIMBERG and N. KOSUGI, “Resonant Inelastic X-Ray Scattering and Photoemission Measurement of O₂: Direct Evidence for Dependence of Rydberg-Valence Mixing on Vibrational States in O 1s→Rydberg States,” *J. Chem. Phys.* **147**, 044310 (7 pages) (2017).

T. PETIT, L. PUSKAR, T. DOLENKO, S. CHOUDHURY, E. RITTER, S. BURIKOV, K. LAPINSKIY, Q. BRUSTOWSKI, U. SCHADE, H. YUZAWA, M. NAGASAKA, N. KOSUGI, M. KURZYP, A. VENEROSY, H. GIRARD, J.-C. ARNAULT, E. OSAWA, N. NUNN, O. SHENDEROVA and E. F. AZIZ, “Unusual Water Hydrogen Bond Network around Hydrogenated Nanodiamonds,” *J. Phys. Chem. C* **121**, 5185–5194 (2017).

M. YOSHIDA, S. ONISHI, Y. MITSUTOMI, F. YAMAMOTO, M. NAGASAKA, H. YUZAWA, N. KOSUGI and H. KONDOH, “Integration of Active Nickel Oxide Clusters by Amino Acids for Water Oxidation,” *J. Phys. Chem. C* **121**, 255–260 (2017).

T. OHIGASHI, M. NAGASAKA, T. HORIGOME, N. KOSUGI, S. M. ROSENDAHL and A. P. HITCHCOCK, “Development of In-Situ Sample Cells for Scanning Transmission X-Ray Microscopy,” *AIP Conf. Proc.* **1741**, 050002 (4 pages) (2016).

B-3) 総説, 著書

M. NAGASAKA, T. OHIGASHI and N. KOSUGI, “Development of In-Situ/Operando Sample Cells for Soft X-Ray Transmission Spectromicroscopy at UVSOR-III Synchrotron,” *Synchrotron Rad. News* **30**, 3–7 (2017).

長坂将成, 「軟X線吸収分光法による液体の局所構造解析」, *化学と工業* **70(9)**, 828–829 (2017).

B-4) 招待講演

N. KOSUGI, “Liquid and liquid–liquid interface studied by soft X-ray absorption in transmission mode,” International Workshop on Liquid X-Ray Spectroscopy, LiXS2017, SOLEIL, Saint-Aubin (France), January 2017.

N. KOSUGI, “Molecular inner-shell spectroscopy from isolated to interacting systems and its application to *in situ/operando*,” Nano and Molecular Systems (NANOMO) Research Seminar, Oulu (Finland), August 2017.

長坂将成, 「軟X線吸収分光法による液体と液液界面の局所電子状態の解明」, 日本化学会第97春季年会(2017)「若い世代の特別講演会」慶應義塾大学日吉キャンパス, 横浜, 2017年3月.

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).

小杉信博, 分子科学研究奨励森野基金研究助成 (1987).

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–).
- VUV-12, VUV-14 真空紫外光物理国際会議プログラム委員 (1998, 2004).
- ICISS-11 電子分光及び電子構造国際会議共同議長, 国際プログラム委員長 (2009).
- ICISS-8,9,10,12 電子分光及び電子構造国際会議国際プログラム委員 (2000, 2003, 2006, 2012).
- IWP 光イオン化国際ワークショップ国際諮問委員・プログラム委員 (1997, 2000, 2002, 2005, 2008, 2011).
- DyNano2010 短波長放射光によるナノ構造及びダイナミクス国際ワークショップ諮問委員 (2010, 2011).
- SXET 軟X線周波数領域及び時間領域に関する国際ワークショップ共同議長 (2015).
- 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).
- 日独セミナー Present State and Perspectives of Accelerator-based Photon Sources 日本側代表 (2013).
- ASOMEA-VIII 有機電子材料のための先端分光国際ワークショップ組織委員 (2016).

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 (2016–2018).
- 文部科学省放射光施設の連携・協力に関する連絡会議作業部会委員 (2007–2008).
- 文部科学省大学共同利用機関法人準備委員会自然科学研究機構検討委員 (2003–2004).
- 日本学術振興会国際科学協力事業委員会委員 (2002–2003), 科学研究費委員会専門委員 (2007–2008, 2012, 2016, 2017), 特別研究員等審査会専門委員 (2009–2010), 特別研究員等審査会審査員 (2014–2015), 国際事業委員会書面審査員 (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), 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–).
- 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 AOFSTR 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), 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放射光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), 「内殻励起を利用した有機半導体薄膜・界面の局所電子状態と電荷輸送ダイナミクスの研究」, 山根宏之 (2009年–2010年).
- 科研費若手研究(A), 「分子間バンド分散の精密観測による有機半導体の電気伝導特性の定量的解明」, 山根宏之 (2012年–2014年).
- 科研費挑戦的萌芽研究, 「動作環境における有機デバイス電子状態の「その場」観測」, 山根宏之 (2012年–2013年).
- 科研費基盤研究(C), 「弱い相互作用空間における分子性薄膜の構造-電子状態相関の系統的解明」, 山根宏之 (2017年–2019年).
- 科研費新学術領域研究(研究領域提案型)「 π 造形科学:電子と構造のダイナミクス制御による新機能創出」(公募研究), 「有機界面設計に基づく新奇 π 機能の創成と制御」, 山根宏之 (2017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

本研究グループでは、光吸収分光と光電子分光に重点を置いて、軟X線放射光の分子科学応用を展開している。UVSOR-I からUVSOR-II に高度化されたことで、吸収エネルギーや光電子エネルギーのmeV オーダーシフトが観測できるようになり、孤立分子や固体を対象とした研究から、クラスター、液体・溶液、有機薄膜などの弱い分子間相互作用系の局所構造解析を可能とした。さらに、UVSOR-II からUVSOR-III に高度化されたことで、輝度がさらに向上するとともに空間分解能が向上したので、これまでの均一系を対象とした基礎化学から不均一系の化学やバイオ系も対象として、現在、精力的にその場観測・オペランド観測や顕微分光を展開している。さらに、内殻励起の化学シフトを高いエネルギー分解能と空間分解能で観測することによって初めて実現可能になる化学状態マッピングの手法開発に取り組んでいる。これらは放射光分子科学分野において国際的な競争力があり、海外の他施設でも不可能なものも多く、欧米の最先端軟X線高輝度光源施設と連携をとりながら相補的な国際共同に貢献している。今後も引き続き国際的な視野に立った特徴ある研究を国際連携しながらUVSOR-III 施設で進めていく。

解 良 聡 (教授) (2014 年 4 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：表面物理学, 有機薄膜物性

A-2) 研究課題：

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

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 機能性分子薄膜の弱相互作用による電子状態変化を計測する技術開発を進めている。弱相互作用を定量的に評価するため、蒸気圧の低い大型分子対応の気相光電子分光実験装置を開発し、分子集合による電子状態の違いに関する議論を進めている。2014年度より新たに超短パルスレーザー光を励起源として電子状態を測定し、ホール緩和や励起子拡散など、電荷ダイナミクス関連の研究を開始した。
- b) 有機半導体のバンド分散関係：良質な配向有機結晶膜を作製し、価電子エネルギーバンド分散を測定し、分子間相互作用の大きさ・ホール有効質量など、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)と成長を観察した。

B-1) 学術論文

F. BUSSOLOTTI, J. YANG, T. YAMAGUCHI, Y. NAKAYAMA, M. MATSUNAMI, H. ISHII, N. UENO and S. KERA, “Hole-Phonon Coupling Effect on the Electronic Band Dispersion of Organic Molecular Semiconductor,” *Nat. Commun.* **8**, 173 (7 pages) (2017).

A. F.-CANELLAS, Q. WANG, K. BROCH, D. A. DUNCAN, P. KUMAR THAKUR, L. LIU, S. KERA, A. GERLACH, S. DUHM and F. SCHREIBER, “Metal–Organic Interface Functionalization via Acceptor End Groups: PTCDI on Coinage Metals,” *Phys. Rev. Mater. (Rapid)* **1**, 013001 (6 pages) (2017).

Q. WANG, Q. XIN, R.-B. WANG, M. OEHZELT, N. UENO, S. KERA and S. DUHM, “Picene Thin Films on Metal Surfaces: Impact of Molecular Shape on Interfacial Coupling,” *Phys. Status Solidi RRL* **11**(5), 1700012 (5 pages) (2017).

J. P. YANG, L.-T. SHANG, F. BUSSOLOTTI, L.-W. CHENG, W.-Q. WANG, X.-H. ZENG, S. KERA, Y.-Q. LI, J.-X. TANG and N. UENO, “Fermi-Level Pinning Appears upon Weak Electrode–Organic Contact without Gap States: A Universal Phenomenon,” *Org. Electron.* **48**, 172–178 (2017).

T. HOSOKAI, K. YONEZAWA, J. P. YANG, K. R. KOSWATTAGE and S. KERA, “Significant Reduction in the Hole-Injection Barrier by the Charge-Transfer State Formation: Diindenoperylene Contacted with Silver and Copper Electrodes,” *Org. Electron.* **49**, 39–44 (2017).

B. REISZ, S. WEIMER, R. BANERJEE, C. ZEISER, C. LORCH, G. DUVA, J. DIETERLE, K. YONEZAWA, J. P. YANG, S. KERA, N. UENO, A. HINDERHOFER, A. GERLACH and F. SCHREIBER, “Structural, Optical, and Electronic Characterization of Perfluorinated Sexithiophene Films and Mixed Films with Sexithiophene,” *J. Mater. Res.* **32**, 1908–1920 (2017).

A. YANG, A. CANELLAS, M. SATO, B. WANG, R.-B. WANG, H. KOIKE, I. SALZMANN, P. K. THAKUR, T.-L. LEE, L.-J. LIU, S. KERA, A. GERLACH, K. KANAI, J. FAN, F. SCHREIBER and S. DUHM, “Nitrogen Substitution Impacts Organic–Metal Interface Energetics,” *Phys. Rev. B* **94**, 155426 (9 pages) (2016).

B-3) 総説, 著書

J. P. YANG, F. BUSSOLOTTI, S. KERA and N. UENO, “Origin and Role of Gap States in Organic Semiconductor: As the Nature of Organic Molecular Crystals,” *J. Phys. D: Appl. Phys. (Topical Review)* **50**, 423002 (45 pages) (2017).

B-4) 招待講演

S. KERA, "Tracking a transport charge in organic semiconductor material," The 9th International Conference of Electronic Structure and Processes at Molecular-Based Interfaces (ESPMI-9), NUS, Singapore, November 2017.

S. KERA, "Tracking charge transport of organic semiconductor material by electronic structure measurement," International Conference of Nano and Giga Challenges in Electronics, Photonics and Renewable Energy, Tomsk (Russia), September 2017.

S. KERA, "Spectroscopic evidence on quasiparticle state of organic semiconductor materials," 2017 Korea-Japan Molecular Science Symposium—Frontiers in Molecular Science: Structure, Dynamics, and Function of Molecules and Complexes—, Busan (Korea) July 2017.

S. KERA, "Tracking charge transport in rubrene single crystal," Workshop on Organic Semiconductors: Charge transport, Doping and Electronic states, Chiba (Japan), January 2017.

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–).

学会の組織委員等

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 (2017).

第78回応用物理学会秋季学術講演会プログラム編成委員 (2017).

第64回応用物理学会春季学術講演会プログラム編成委員 (2017).

第30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 (2016).

第77回応用物理学会秋季学術講演会プログラム編成委員 (2016).

第63回応用物理学会春季学術講演会プログラム編成委員 (2016).

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).

第29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 (2015).

第76回応用物理学会秋季学術講演会プログラム編成委員 (2015).

第62回応用物理学会春季学術講演会プログラム編成委員 (2015).

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

JSPS-NSFC joint 2nd Workshop on Physics in Organic Optoelectronics, Co-chair (Soochow Univ., China 2014).
第 75 回応用物理学会秋季学術講演会プログラム編成委員 (2014).
第 61 回応用物理学会春季学術講演会プログラム編成委員 (2013).
第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2013).
JSPS-NSFC joint 1st Workshop on Physics in Organic Optoelectronics, Co-chair (Tokyo Univ. of Sci., Japan 2013).
UVSOR 研究会「UVSOR 有機固体専用ラインの今後の展開」主催者 (2012).
The 4th Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications (ASOMEA4), Local Committee (Chiba, Japan 2007).
21 世紀 COE プログラム若手主導研究会主催者 (2006).
Workshop on Electrical and Electronic Properties in Crystalline Thin Films of Small-Molecules, Co-chair (Chiba, Japan 2005).
UVSOR 研究会「有機薄膜の放射光利用研究：BL8B2 の歩みと今後の展開」主催者 (2007).
学会誌編集委員
真空誌編集委員 (2008–2009).
Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Guest Editor (2014).
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

科研費若手研究(A), 「巨大分子吸着系における価電子帯ホール・振動結合：有機電荷輸送機構の解明」, 解良 聡 (2005 年–2007 年).
科研費挑戦的萌芽研究, 「有機デバイス材料の個性を知る：移動度の直接評価」, 解良 聡 (2008 年–2009 年).
科研費若手研究(A), 「分子性固体における電荷輸送とその動的現象の解明」, 解良 聡 (2008 年–2010 年).
科研費基盤研究(B), 「バ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DEM光電子デバイスの有機半導体の本性を活用した高性能化」, 解良 聡 (2013 年–2015 年).
科研費基盤研究(A), 「精密電子状態評価による有機半導体界面に特徴的な電子機能の解明」, 解良 聡 (2014 年–2016 年).

C) 研究活動の課題と展望

これまで積み重ねてきた大型の機能性分子の高配向薄膜試料を作製するノウハウを活用し、その電子状態を高分解能(高感度)光電子分光法により測定することで、分子材料中の「電子の真の姿を見出すこと」を主眼として進めている。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開始している。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システムが残るが、二光子光電子分光および時間分解光電子分光測定への実験展開を急ぎたい。同時に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、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している。XSW 法、飛行時間型角度分解光電子分光、高運動量分解・エネルギー分解光電子顕微鏡(*k*-PEEM)など、国内で実施不可能な先端分析実験は、引き続き海外放射光施設(Diamond (英), BESSY (独), ELETTRA (伊))の利用申請により共同利用実験を進める。UVSOR 施設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、*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検討を開始した。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が不可欠である。

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

T. KANEYASU, Y. HIKOSAKA, M. FUJIMOTO, T. KONOMI, M. KATOH, H. IWAYAMA and E. SHIGEMASA,
“Limitations in Photoionization of Helium by an Extreme Ultraviolet Optical Vortex,” *Phys. Rev. A* **95**, 023413 (7 pages)
(2017).

M. KATOH, M. FUJIMOTO, H. KAWAGUCHI, K. TSUCHIYA, K. OHMI, T. KANEYASU, Y. TAIRA, M. HOSAKA, A. MOCHIIHASHI and Y. TAKASHIMA, “Angular Momentum of Twisted Radiation from an Electron in Spiral Motion,” *Phys. Rev. Lett.* **118**, 094801 (5 pages) (2017).

Y. TAIRA, T. HAYAKAWA and M. KATOH, “Gamma-Ray Vortices from Nonlinear Inverse Thomson Scattering of Circularly Polarized Light,” *Sci. Rep.* **7**, 5018 (9 pages) (2017).

M. KATOH, M. FUJIMOTO, N. S. MIRIAN, T. KONOMI, Y. TAIRA, T. KANEYASU, M. HOSAKA, N. YAMAMOTO, A. MOCHIIHASHI, Y. TAKASHIMA, K. KURODA, A. MIYAMOTO, K. MIYAMOTO and S. SASAKI, “Helical Phase Structure of Radiation from an Electron in Circular Motion,” *Sci. Rep.* **7**, 6130 (8 pages) (2017).

T. KANEYASU, Y. HIKOSAKA, M. FUJIMOTO, H. IWAYAMA, M. HOSAKA, E. SHIGEMASA and M. KATOH, “Observation of an Optical Vortex Beam from a Helical Undulator in the XUV Region,” *J. Synchrotron Radiat.* **24**, 934–938 (2017).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

N. YAMAMOTO, T. MIYAUCHI, A. MANO, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA and M. KATOH, “Electron Beam Generation From InGaN/GaN Superlattice Photocathode,” *Proc. 8th Internat. Particle Accel. Conf.*, 522–524 (2017).

A. MOCHIIHASHI, M. HOSAKA, Y. TAKASHIMA, A. MANO, T. ISHIDA, H. OHKUMA, S. SASAKI, Y. HORI, S. KODA and M. KATOH, “Present Status of Accelerators in Aichi Synchrotron Radiation Center,” *Proc. 8th Internat. Particle Accel. Conf.*, 2691–2693 (2017).

B-3) 総説, 著書

全 炳俊, 清 紀弘, 入澤明典, 加藤政博, 「電子加速器によるテラヘルツ波の発生」, *化学工業* **68(3)**, 12–17 (2017).

加藤政博, 「自由電子からの渦電磁波の放射」, *加速器* **14(3)**, 104–112 (2017).

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–).

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).

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

奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科, 「物質科学特論 III」, 2017年10月25日.

名古屋大学シンクロtron光研究センター, 客員教授, 2017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, 2017年4月–.

B-10) 競争的資金

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

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

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

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

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

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進めている。

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。特に来年度は自由電子レーザー共振器内逆コンプトン散乱による高効率単色ガンマ線生成、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技術開発に注力する。

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との合成によるベクトルビーム発生の研究を世界に先駆けて進める。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進める。

スピン偏極電子源の開発に、名古屋大学、広島大学、高エネルギー加速器研究機構などと協力し、継続して取り組み、生体物質への照射効果の研究や逆光電子分光などへの展開を図る。

光物性測定器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

田中清尚（准教授）（2014年4月1日着任）

A-1) 専門領域：物性物理学，放射光科学

A-2) 研究課題：

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

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 銅酸化物高温超伝導体の中でも高い超伝導転移温度 (T_c) を示す物質の一つである $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ (Bi2223) の電子状態を，UVSOR BL7Uにおいて角度分解光電子分光測定を行うことで明らかにした。装置の改良により角度分解能を向上させたことで，これまで報告されていなかった新しいエネルギーバンドが存在することを世界に先駆けて観測した。これは単位胞中に3つある CuO_2 面間の電子のホッピング移動による **triple-layer splitting** と考えられる。また観測される3つのエネルギーバンドが，それぞれ異なる超伝導ギャップの大きさを示していることも明らかになり，外側の2枚の CuO_2 面が超伝導転移温度に重要であることが示唆される結果となった。また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。
- 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。新しい機能として，これまでになかったイメージスピン検出器を開発中である。昨年までにスピン分解検出をする二つのターゲット位置まで電子を導くことに成功していたが，電子軌道が対称的でないことが判明し，新しい電子レンズの開発とパラメーター調整を行っている。同時にターゲット材質の開発も行っており，高効率スピン分解角度分解光電子分光測定の実現を目指している。
- 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4.6 K，参照用金部で4 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たが，さらに冷却部の材質の見直しや液体ヘリウムの排気系を見直すことで，試料部において3.8 K，参照用金部で3.2 Kを達成した。また現在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ている。2018年度初めにビームラインへ導入することを計画している。

B-1) 学術論文

M. MATSUNAMI, M. OURA, K. TAMASAKU, T. ISHUKAWA, S. IDETA, K. TANAKA, T. TAKEUCHI, T. YAMADA, A. P. TSAI, K. IMURA, K. DEGUCHI, N. K. SATO and T. ISHIMASA, "Direct Observation of Heterogeneous Valence State in Yb-Based Quasicrystalline Approximants," *Phys. Rev. B* **96**, 241102(R) (4 pages) (2017).

T. ITO, D. PINEK, T. FUJITA, M. NAKATAKE, S. IDETA, K. TANAKA and T. OIUSSE, “Electronic Structure of Cr_2AlC as Observed by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy,” *Phys. Rev. B* **96**, 195168 (9 pages) (2017).

J. KISHI, Y. OHTSUBO, T. NAKAMURA, K. YAJI, A. HARASAWA, F. KOMORI, S. SHIN, JE. RAULT, P. LE. FEVRE, F. BERTRAN, A. TALEB-IBRAHIM, M. NURMAMAT, H. YAMANE, S. IDETA, K. TANAKA and S. KIMURA, “Spin-Polarized Quasi-One-Dimensional State with Finite Band Gap on the Bi/InSb (001) Surface,” *Phys. Rev. Mater.* **1**, 064602 (5 pages) (2017).

T. HIRAHARA, S. V. EREMEEV, T. SHIRASAWA, Y. OKUYAMA, T. KUBO, R. NAKANISHI, R. AKIYAMA, A. TAKAYAMA, T. HAJIRI, S. IDETA, M. MATSUNAMI, K. SUMIDA, K. MIYAMOTO, Y. TAKAGI, K. TANAKA, T. OKUDA, T. YOKOYAMA, S. KIMURA, S. HASEGAWA and E. V. CHULKOV, “A Large-Gap Magnetic Topological Heterostructure Formed by Subsurface Incorporation of a Ferromagnetic Layer,” *Nano Lett.* **17**, 3493–3500 (2017).

J. MIAO, X. H. NIU, D. F. XU, Q. YAO, Q. Y. CHEN, T. P. YING, S. Y. LI, Y. F. FANG, J. C. ZHANG, S. IDETA, K. TANAKA, B. P. XIE, D. L. FENG and F. CHEN, “Electronic Structure of FeS,” *Phys. Rev. B* **95**, 205127 (6 pages) (2017).

Y. OKUYAMA, Y. SUGIYAMA, S. IDETA, K. TANAKA and T. HIRAHARA, “Growth and Atomic Structure of Tellurium Thin Films Grown on Bi_2Te_3 ,” *Appl. Surf. Sci.* **398**, 125–129 (2017).

L. LIU, K. OKAZAKI, T. YOSHIDA, H. SIZUKI, M. HORIO, L. C. C. AMBOLODE II, J. XU, S. IDETA, M. HASHIMOTO, D. H. LU, Z.-X. SHEN, Y. OTA, S. SHIN, M. NAKAJIMA, S. ISHIDA, K. KIHOU, C. H. LEE, A. IYO, H. EISAKI, T. MIKAMI, T. KAKESHITA, Y. YAMAKAWA, H. KOMTANI, S. UCHIDA and A. FUJIMORI, “Unusual Nodal Behaviors of the Superconducting Gap in the Iron-Based Superconductor $\text{Ba}(\text{Fe}_{0.65}\text{Ru}_{0.35})_2\text{As}_2$: Effects of Spin–Orbit Coupling,” *Phys. Rev. B* **95**, 104504 (5 pages) (2017).

Y. NAKAYAMA, Y. MIZUNO, M. HIKASA, M. YAMAMOTO, M. MATSUNAMI, S. IDETA, K. TANAKA, H. ISHII and N. UENO, “Single-Crystal Pentacene Valence-Band Dispersion and Its Temperature Dependence,” *J. Phys. Chem. Lett.* **8**, 1259–1264 (2017).

F. BUSSOLOTTI, J. YANG, T. YAMAGUCHI, K. YONEZAWA, K. SATO, M. MATSUNAMI, K. TANAKA, Y. NAKAYAMA, H. ISHII, N. UENO and S. KERA, “Hole–Phonon Coupling Effect on the Band Dispersion of Organic Molecular Semiconductors,” *Nat. Commun.* **8**, 173 (7 pages) (2017).

B-4) 招待講演

田中清尚, 「UVSOR BL5UにおけるARPESと今後の展望」, PF研究会「次世代光源で拓かれる光電子分光研究の将来展望」, KEK つくばキャンパス, つくば, 2017年10月.

K. TANAKA, “Observation of triple-layer splitting in high- T_c cuprate $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ observed by ARPES at UVSOR,” Incheon national university, Incheon (Korea), November 2017.

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。今後は新しい高効率スピン分解測定手法の開発も同時に進めていきたい。

光化学測定器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

繁 政 英 治（准教授）（1999年5月1日～2017年9月30日）*¹）

A-1) 専門領域：原子分子分光，光化学反応動力学

A-2) 研究課題：

- a) 角度分解高分解能電子分光法による内殻励起原子分子の電子緩和過程
- b) 極紫外光渦による原子分子の光イオン化ダイナミクス
- c) 短波長強レーザー場中の原子分子過程
- d) 内殻励起分子に特有な光解離ダイナミクス

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) BL6Uは、40～400 eVの光エネルギー範囲において、分解能10000以上かつ光強度 10^{10} 光子数/秒以上の性能を有しており、低エネルギー領域における世界最先端ビームラインの一つである。2009年初秋以降、気体の高分解能電子分光を行うための実験装置の整備を進め、高分解能二次元電子分光実験が定常的に行えるようになった。アンジュレータの偏光方向に対して電子エネルギー分析器を回転させることにより、電子放出の偏光依存性に関する情報も取得可能である。原子や分子の内殻電子励起状態や多電子励起状態の電子構造とその崩壊過程を詳細に調べる実験研究を協力研究として継続して行っている。
- b) 円偏光アンジュレータ放射の高次光は、光渦の性質を持ち合わせていることが知られている。螺旋波面の構造に応じて、光に軌道角運動量が付与されるので、原子分子との相互作用において、通常の電子遷移とは異なる選択則に従うものと考えられる。真空紫外領域に於いて、二台のアンジュレータから放射された光ビーム同士の干渉を観測する実験を行い、理論計算とよく一致する結果が得られた。引き続き、光渦と原子の相互作用を直接観測する手法の開発を進めている。
- c) 日本のX線自由電子レーザー（XFEL）、SACLA及びその試験加速器であるSCSSにおいて、X線や極端紫外領域の強レーザー光に曝された原子分子及びクラスターの挙動について、発光分光法に基づく実験研究を進めている。一昨年度から運用を開始したSACLAのBL1において、我々が開発した極紫外発光観測装置を持ち込みビームライン下流に放射される極紫外領域の発光の観測を試みた。現在、データ解析を進めている。
- d) 内殻励起分子の光解離ダイナミクスについて、我々が開発した電子・イオン同時計測装置を利用した実験を独自の研究及び協力研究として進めている。メチル基を含む小さな分子に関して、内殻イオン化後に高効率で生成されるオージェ終状態としての二価分子イオン状態が、高効率な結合組み換え反応を引き起こし、 H_3^+ イオンをサイト選択的に生成することが明らかになった。

B-1) 学術論文

J. R. HARRIES, C. OHAE, S. KUMA, K. NAKAJIMA, T. TOGASHI, Y. MIYAMOTO, N. SASAO, H. IWAYAMA, M. NAGASONO, M. YABASHI and E. SHIGEMASA, “Single-Atom Response of Helium Atoms to Pulses from an EUV Free Electron Laser: Implications for the Subsequent Development of Superfluorescence,” *Phys. Rev. A* **94**, 063416 (9 pages) (2016).

T. KANEYASU, Y. HIKOSAKA, M. FUJIMOTO, T. KONOMI, M. KATOH, H. IWAYAMA and E. SHIGEMASA, “Limitations in Photoionization of Helium by an Extreme Ultraviolet Optical Vortex,” *Phys. Rev. A* **95**, 023413 (7 pages) (2017).

T. KANEYASU, Y. HIKOSAKA, M. FUJIMOTO, H. IWAYAMA, M. HOSAKA, E. SHIGEMASA and M. KATOH, “Observation of an Optical Vortex Beam from a Helical Undulator in the XUV Region,” *J. Synchrotron Radiat.* **24**, 934–938 (2017).

H. IWAYAMA, C. LÉONARD, F. LE QUÉRÉ, S. CARNIATO, R. GUILLEMIN, M. SIMON, M. N. PIANCASTELLI and E. SHIGEMASA, “Different Time Scales in the Dissociation Dynamics of Core-Excited CF₄ by Two Internal Clocks,” *Phys. Rev. Lett.* **119**, 203203 (5 pages) (2017).

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, 2010–2011, 2012–2014, 2015–2017).

日本放射光学会渉外幹事 (2007–2009).

学会の組織委員等

日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム組織委員 (1999–2001, 2009, 2012).

第13回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム実行副委員長 (1999).

第13回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (1999).

第19回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム実行委員 (2005).

SRI06 (シンクロトロン放射装置技術国際会議) プログラム委員 (2005).

第22回化学反応討論会実行委員 (2006).

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

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

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

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

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

第25回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2011).

第30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 (2016).

第33回化学反応討論会実行委員 (2016).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員 (2014–2015).

東京大学物性研究所共同利用施設専門委員 (2005–2006).

(財)高輝度光科学研究センター利用研究課題選定委員会選定委員 (2007–2009, 2013–2015).

(財)高輝度光科学研究センター利用研究課題選定委員会分科会委員 (2011–2012).

公益財団法人高輝度光科学研究センター・SACLA 利用研究課題審査委員 (2016–2017).

学会誌編集委員

Proceedings of 11th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure, Special Issue of Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Elsevier, Guest Editor (2010).

Synchrotron Radiation News, Correspondent (2001–2017).

日本放射光学学会学会誌編集委員 (2005–2006).

日本放射光学学会学会誌編集委員 (2010–2012). (岩山洋士)

B-8) 大学での講義, 客員

名古屋大学小型シンクロトン光研究センター, 客員准教授, 2007年9月–2017年3月.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B), 「多重同時計測法で探る内殻励起分子の超高速緩和ダイナミクス」, 繁政英治 (2007年–2008年).

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

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

科研費若手研究(B), 「自由電子レーザー励起によるレーザープラズマ光源の研究開発」, 岩山洋士 (2012年–2013年).

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).

C) 研究活動の課題と展望

繁政の退職に伴い, 専用ビームラインBL6Uでの原子分子関係の協力研究や国際共同研究は実施が不可能となった。グループが所有する実験装置については, 引き続き利用可能なので, 共同研究者の方々には, 軟X線が供給可能な施設ビームラインにおいて実験研究を継続していただければ幸いである。アンジュレータやFELを利用することが前提となる難易度の高い実験研究については, 他施設を利用しながら継続することになる。

*) 2017年9月30日退職