

## 岩 山 洋 士 (助教) (2010 年 4 月 1 日着任)

石原 麻由美 (事務支援員)

加茂 恭子 (事務支援員)

横田 光代 (事務支援員)

A-1) 専門領域：軟 X 線構造解析，軟 X 線顕微鏡法，ソフトマター，X 線非線形光学

A-2) 研究課題：

- a) 軟 X 線共鳴散乱法によるソフトマターのメゾスコピック構造解析
- b) 密着型軟 X 線顕微鏡法による生体試料の XAFS イメージング
- c) X 線自由電子レーザーを用いた溶液表面における二次高調波発生による化学状態分析

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 高分子，液晶，コロイドなどのソフトマターは，メゾスコピック領域に特徴的な構造を持ち，多くの物性はその構造に由来する。偏光顕微鏡などで観察できない数 nm から数 100nm 程度のメゾスコピック領域の構造をしらべる手法として，X 線小角散乱法が用いられ，多くの成果が挙げられている。しかしながら，X 線小角散乱は試料の電子密度の変調に対して敏感であるが，電子密度の近い多成分系における特定の成分の構造や，ねじれ構造などの観測は難しい。X 線共鳴過程を用いることで元素・分子種・分子配向に選択性を有する散乱光をえることができる。しかしソフトマターの主成分である軽元素（炭素，窒素，酸素など）の X 線共鳴エネルギーは，0.1 eV ~ 1 keV の軟 X 線領域であり，X 線小角散乱法で使用する 10 keV 程度の X 線とは一致しない。そのため，我々は軟 X 線領域の共鳴散乱光を観測できるための手法（共鳴軟 X 線散乱法）を行っている。我々は UVSOR のビームライン BL3U において，共鳴軟 X 線散乱装置の開発し，高分子や液晶の構造解析を行っている。本年度は，炭素，窒素，酸素の K 殻吸収端の内殻共鳴に相当する軟 X 線を用いて，エポキシ樹脂の架橋構造の解析や，多成分系の有機薄膜の成分ごとの解析，キラル液晶のモルフォロジーの解析を行った。また，放射光施設 Photon Factory との共同研究開発事業にも参画し，より高機能な共鳴軟 X 線散乱装置の開発を進め，真空槽の組み上げおよび検出器の動作試験を行った。
- b) 2023 年度より，軟 X 線による生体試料の可視化を実現すべく密着型軟 X 線顕微鏡の開発を始めた。本研究では，口腔上皮細胞の炭素 K 殻吸収端領域の密着型 X 線顕微鏡による XAFS イメージングを行った。露光時間 10 秒で，光エネルギー 280 eV ~ 320 eV まで 0.1 eV 刻みで 400 枚撮像した。画像のエネルギー依存性を調べることで，画素 1 pixel ごとの XAFS スペクトルを得ることに成功した。機械学習法を用いて，スペクトルを 7 つに分類し，細胞外，細胞膜，細胞核，小胞体由来の構造などが無染色で観測できた。このように XAFS イメージングおよび機械学習によるスペクトル分類により，染色することなく生体試料を観測することができることを示した。
- c) X 線自由電子レーザー SACLA BL1 を利用した液体試料を対象とした実験装置の開発を進めている。本年度は，Nevada 大の Craig Schwartz さんと液体表面からの二次高調波発生の実験を行った。液体表面などの界面においては，空間対称性の破れより，二次高調波が発生する。そのため，二次高調波を観測することで表面敏感な実験を行うことができる。特に液体表面は気液界面であるため，反応場として重要であり，その化学状態を測定する手法は重要である。また軟 X 線の共鳴過程を利用することで，表面の特定の元素の化学状態を選択的に観測できる長所がある。

そのため、SACLA BL1 を利用して、高強度の軟X線パルスを鉄硝酸水溶液の超薄膜フラットジェットに照射しその反射光を、斜入射分光器で分光観測した。現在解析中である。

B-1) 学術論文

**H. ONO, Y. UMEDA, K. YOSHIDA, K. TSUTSUI, K. YAMAMOTO, O. ISHIYAMA, H. IWAYAMA, E. NAKAMURA, T. YOKOYAMA, M. MIZUGUCHI and T. MIYAMACHI**, “Intermolecular Interaction Induced Magnetic Decoupling at an Organic-Inorganic Interface,” *J. Phys. Chem. C* **127(49)**, 23935–23940 (2023). DOI: 10.1021/acs.jpcc.3c05966

**Y. HIKOSAKA, T. KANEYASU, S. WADA, H. KOHGUCHI, H. OTA, E. NAKAMURA, H. IWAYAMA, M. FUJIMOTO, M. HOSAKA and M. KATOH**, “Frequency-Domain Interferometry for the Determination of Time Delay between Two Extreme-Ultraviolet Wave Packets Generated by a Tandem Undulator,” *Sci. Rep.* **13(1)**, 10292 (2023). DOI: 10.1038/s41598-023-37449-7

**T. KANEYASU, Y. HIKOSAKA, S. WADA, M. FUJIMOTO, H. OTA, H. IWAYAMA and M. KATOH**, “Time Domain Double Slit Interference of Electron Produced by XUV Synchrotron Radiation,” *Sci. Rep.* **13(1)**, 6142 (2023). DOI: 10.1038/s41598-023-33039-9

**F. ALLUM, Y. KUMAGAI, K. NAGAYA, J. HARRIES, H. IWAYAMA, M. BRITTON, P. H. BUCKSBAUM, M. BURT, M. BROUARD, B. DOWNES-WARD, T. DRIVER, D. HEATHCOTE, P. HOCKETT, A. J. HOWARD, J. W. L. LEE, Y. LIU, E. KUKK, J. W. MCMANUS, D. MILSESEVIC, A. NIOZU, J. NISKANEN, A. J. ORR-EWING, S. OWADA, P. A. ROBERTSON, A. RUDENKO, K. UEDA, J. UNWIN, C. VALLANCE, T. WALMSLEY, R. S. MINNS, D. ROLLES, M. N. R. ASHFOLD and R. FORBES**, “Direct Momentum Imaging of Charge Transfer Following Site-Selective Ionization,” *Phys. Rev. A* **108(4)**, 043113 (2023). DOI: 10.1103/PhysRevA.108.043113

**S. KERA, F. MATSUI, K. TANAKA, Y. TAIRA, T. ARAKI, T. OHIGASHI, H. IWAYAMA, M. FUJIMOTO, H. MATSUDA, E. SALEHI and M. KATOH**, “Prospects Required for Future Light-Source Facilities: A Case of UVSOR Synchrotron Facility,” *Electron. Struct.* **5(3)**, 034001 (2023). DOI: 10.1088/2516-1075/acdf32

B-7) 学会および社会的活動

学会誌編集委員

原子衝突学会学会誌編集員 (2020–).

B-11) 産学連携

共同研究, 三菱ケミカル(株), 岩山 洋 (2023年度).