

岩山 洋士（助教）（2010年4月1日～2024年4月15日）
（主任研究員）（2024年4月16日昇任）

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 および Photon Factory BL7A において，共鳴軟X線散乱装置を開発し，高分子や液晶の構造解析を行っている。本年度は，入射光エネルギーをスキャンしながら散乱画像を取得するプログラムを開発し，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，有機薄膜太陽電池のバルクヘテロジャンクション構造の解析や，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 BL7A では，軟X線検出器が回転できることを利用し，反射率計測することで膜厚評価できるシステムを構築した。
- 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。本手法では，シンチレーター上に細胞を培養し，Si₃N₄ メンブレン（100 nm）で封入することで，軟X線を照射し，その透過光像をシンチレーターで可視光に変換し，細胞を観測する。10 月ごろより，犬の腎臓尿細管上皮細胞由来の細胞株である MDCK 細胞などの標準的な細胞を培養し，使うことにした。また，そのための細胞培養準備室を明大寺に設置した。今期は細胞に軟X線を照射する装置を改良し，従来気泡などがはいる，測定がうまくいかなかったことを，ヘリウム雰囲気下で実験することで解決した。また軟X線およびテnder X線を使うことで，軽元素 C, N, O に加え S, P などの元素についても測定できる環境を整備している。
- 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。昨年度は，Nevada 大の Craig Schwartz 氏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

T. N. TRAN, T. HAYASHI, H. IWAYAMA, M. SEKINE, M. HORI and K. ISHIKAWA, “Hydrofluoroethane Plasma Etching of SiN, SiO₂, and poly-Si Films with CHF₂CF₃, CF₃CH₃, and CHF₂CH₃,” *Appl. Surf. Sci.* **684**, 161815 (2025). DOI: 10.1016/j.apsusc.2024.161815

T. WALMSLEY, J. W. MCMANUS, Y. KUMAGAI, K. NAGAYA, J. HARRIES, H. IWAYAMA, M. N. R. ASHFOLD, M. BRITTON, P. H. BUCKSBAUM, B. DOWNES-WARD, T. DRIVER, D. HEATHCOTE, P. HOCKETT, A. J. HOWARD, J. W. L. LEE, Y. LIU, E. KUKK, D. MILESEVIC, R. S. MINNS, A. NIOZU, J. NISKANEN, A. J. ORR-EWING, S. OWADA, P. A. ROBERTSON, D. ROLLES, A. RUDENKO, K. UEDA, J. UNWIN, C. VALLANCE, M. BROUARD, M. BURT, F. ALLUM and R. FORBES, “The Role of Momentum Partitioning in Covariance Ion Imaging Analysis,” *J. Phys. Chem. A* **128**(22), 4548–4560 (2024). DOI: 10.1021/acs.jpca.4c00999

W. O. RAZMUS, F. ALLUM, J. HARRIES, Y. KUMAGAI, K. NAGAYA, S. BHATTACHARYYA, M. BRITTON, M. BROUARD, P. H. BUCKSBAUM, K. CHEUNG, S. W. CRANE, M. FUSHITANI, I. GABALSKI, T. GEJO, A. GHRIST, D. HEATHCOTE, Y. HIKOSAKA, A. HISHIKAWA, P. HOCKETT, E. JONES, E. KUKK, H. IWAYAMA, H. V. S. LAM, J. W. MCMANUS, D. MILESEVIC, J. MIKOSCH, S. MINEMOTO, A. NIOZU, A. J. ORR-EWING, S. OWADA, D. ROLLES, A. RUDENKO, D. TOWNSEND, K. UEDA, J. UNWIN, C. VALLANCE, A. VENKATACHALAM, S. WADA, T. WALMSLEY, E. M. WARNE, J. L. WOODHOUSE, M. BURT, M. N. R. ASHFOLD, R. S. MINNS and R. FORBES, “Exploring the Ultrafast and Isomer-Dependent Photodissociation of Iodothiophenes via Site-Selective Ionization,” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **26**(16), 12725–12737 (2024). DOI: 10.1039/d3cp06079a

Y. UMEDA, H. ONO, K. YAMAMOTO, O. ISHIYAMA, H. IWAYAMA, E. NAKAMURA, T. YOKOYAMA, M. MIZUGUCHI and T. MIYAMACHI, “Annealing Temperature Dependence of Magnetic Properties in FeCo Ordered Alloy Thin Films Fabricated Using the Nitrogen Surfactant Effect,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **63**(4), 04SP80 (2024). DOI: 10.35848/1347-4065/ad396b

J. UNWIN, W. O. RAZMUS, F. ALLUM, J. R. HARRIES, Y. KUMAGAI, K. NAGAYA, M. BRITTON, M. BROUARD, P. BUCKSBAUM, M. FUSHITANI, I. GABALSKI, T. GEJO, P. HOCKETT, A. J. HOWARD, H. IWAYAMA, E. KUKK, C.-S. LAM, J. MCMANUS, R. S. MINNS, A. NIOZU, S. NISHIMURO, J. NISKANEN, S. OWADA, J. D. PICKERING, D. ROLLES, J. SOMPER, K. UEDA, S.-I. WADA, T. WALMSLEY, J. L. WOODHOUSE, R. FORBES, M. BURT and E. M. WARNE, “Time-Resolved Probing of the Iodobenzene C-Band Using XUV-Induced Electron Transfer Dynamics,” *ACS Phys. Chem. Au* **4**(6), 620–631 (2024). DOI: 10.1021/acspchemau.4c00036

M. KOBAYASHI, S. YOSHIMURA, H. IWAYAMA, N. KONDO, J. TAKAHASHI, H. OTA, M. KATOH, K. KOBAYASHI and H. NAKAMURA, “First Attempt at Photoionized Plasma Production with VUV Radiation in Synchrotron Light Source UVSOR-III,” *Plasma Fusion Res.* **19**, 1301028 (2024). DOI: 10.1585/pfr.19.1301028

B-4) 招待講演

岩山洋士,「放射光で見る EUV 露光の光化学」, EUV フォトン第三回研究会, 福岡, 2025 年 3 月.

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

日本放射光学会年次大会プログラム編集 (2024–2026).

学会誌編集委員

原子衝突学会学会誌編集員 (2020–).

B-10) 競争的資金

自然科学研究機構 OPEN MIX LAB (OML) 公募研究プログラム (研究共創型),「放射光 X 線による心筋細胞内の超硫黄分子のバイオイメーキング」, 岩山洋士 (2024 年度).

B-11) 産学連携

共同研究, 三菱ケミカル (株), 岩山洋士 (2023 年度–2024 年度).