

AOFSRR School 2024 参加報告

放射光実験施設 熊木文俊

The 5th Asia-Oceania Forum for Synchrotron Radiation Research (AOFSRR) School に参加した様子について報告いたします。AOFSRR School は、アジア・オセアニア地域の大学院生や若手研究者を対象とした放射光科学について幅広く学ぶことを目的としたスクールです。アジア・オセアニア地域の放射光施設の持ち回りで行われており、今年は 2024 年 8 月 12 日から 16 日まで、オーストラリアのメルボルンにあるオーストラリア原子力科学技術機構 (ANSTO) 運営の放射光実験施設 Australian Synchrotron で開催されました。

メルボルンはオーストラリア第 2 の都市であり、Australian Synchrotron はメルボルン国際空港から車で約 40 分、公共交通機関で 1 時間半の場所にあります。Australian Synchrotron は 2007 年から運転が始まった第 3 世代の放射光施設で、Photon Factory と比べて 20 年以上新しく、オセアニア地域における唯一の放射光実験施設です。周辺には世界大学ランキング上位のモナシュ大学やショッピングセンター、住宅地が広がり、Photon Factory と比較して、賑やかな場所に立地しています。一方で、周囲には様々な木々が多く植えられており、日本では見たことがないカラフルな野鳥が多く飛来していました。スクールが実施された 8 月は日本では記録的な猛暑が続いていましたが、南半球にあるオーストラリアは冬であり、日本の 3 月ごろのような肌寒さもありつつ、花々が咲き始め春を感じられる穏やかな気候でした。

今回のスクールの参加者数は約 45 名で、日本からは私以外に UVSOR, SPring-8, HiSOR から各 1 名が派遣されていました。日本以外では、オーストラリア、中国、インド、

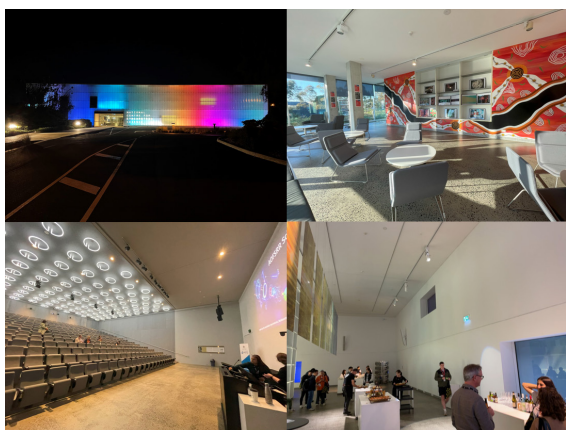


図 1 メイン会場となった Australian Synchrotron の National Centre の様子。



図 2 Australian Synchrotron 施設見学の様子。(左上: Australian Synchrotron 正面, 左下: 実験ホール全景, 右上: 軟 X 線ビームライン, 右下: 粉末 X 線回折ビームライン。)

韓国、シンガポール、台湾、タイ、インドネシア、マレーシア、フィリピン、ベトナム、パキスタンから、多様なバックグラウンドを持つ参加者が集まっていました。1 日目には、メイン会場となった National Centre (図 1) で所長挨拶とオーストラリア名物のミートパイなどを囲んで立食形式の歓談が行われました。今回のスクールでは、このような気軽に歓談できる機会が数多く設けられており、海外の放射光実験事情や研究内容について多様な国籍の参加者の方々と意見交換することができました。

2 日目からは本格的な講義や実習が始まりました。2 日目には、主に加速器や放射光の原理に関する講義が集中していました。Australian Synchrotron は 2037 年まで運転が継続される予定であり、第 4 世代の次期光源 (Australian Synchrotron 2) 建設に向けた取り組みが各講義に盛り込まれていました。3 日目からは、Australian Synchrotron に全部で 14 本 (+ 4 本が建設中) ある各種ビームラインの紹介や生物、医学、農業、鉱業、文化財分析への応用など、かなりバラエティに富んだ講義が行われました。オーストラリアの政策や文化を反映した研究テーマや放射光によるガン治療、イメージング技術への力の入れ様など、施設の特徴が色濃く反映されており非常に興味深いものでした。

2 日目の講義後には、Australian Synchrotron 実験ホールの施設見学があり、各種ビームラインを 10 人程度のグループに分かれてまわりました(図 2)。各ビームラインでは、試料位置の制御などに高度なロボット技術が導入されていたことが印象に残りました。

スクールの 4 日目の午前中には、ビームラインでの実習が行われました。参加者は「Soft X-ray Spectroscopy」、 「Infrared Microscopy」、 「Micro-Computed Tomography」、 「X-ray Fluorescence Microscopy」、 「Macromolecular Crystallography」、 「Imaging and Medical Beamline」、 「Medium

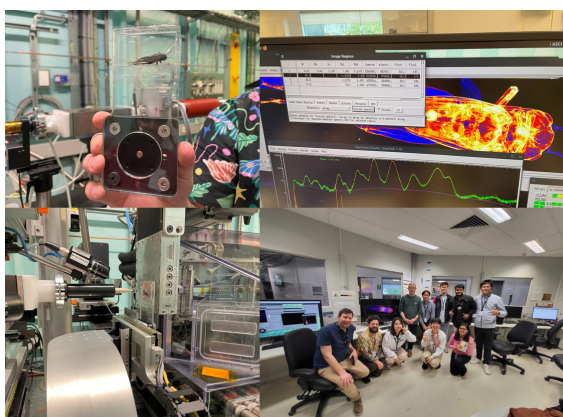


図3 ビームライン実習の様子。(左上:ホルダー内に封入されたサンプル(コオロギ),左下:X線蛍光マッピング測定のためのセットアップ,右上:測定データの解析,右下:集合写真。)



図4 エクスカーションでの集合写真。

Energy X-ray Absorption spectroscopy」, 「Powder Diffraction」の9つから事前に希望したものに、4～5人のグループに分かれて実習を行いました。私が選択した「X-ray Fluorescence Microscopy」では、コオロギの蛍光マッピングを測定し、そのカリウムや銅、鉄の分布を調べる実習を行いました(図3)。残念ながら実際の測定では測定に数日間かかることもあり、実習はデモンストレーションのみでしたが、その高分解能な計測システムについてビームライン担当者のDavid Paterson氏やAndrew Langendam氏から詳細に解説を聞くことができました。実習の後にはエクスカーションがあり、オーストラリア固有の動物を見ることができました(図4)。

最終日には、この実習の内容を含めて各グループがAOFSSR2024で体験したことや自身の研究について、10分間のグループ発表を行いました。優秀な発表には景品が授与され、私たちのグループは全グループ中4位で表彰を受けることができました。

本スクール全体を通じて、放射光科学について幅広く学べただけでなく、オーストラリアの文化や産業なども強く結びついたAustralian Synchrotronの特徴を理解する

ことができました。普段は接点のないアジア・オセアニア地域の放射光研究者の方々との交流や議論を通して、日本の放射光施設や自分自身の研究の世界における立ち位置への理解が深まり、非常に有意義な時間を過ごすことができました。印象に残ったのは、参加者から「日本はたくさん放射光実験施設を持っていて非常に羨ましい。」という話を何度も聞いたことです。Photon Factoryを始めSPring-8やUVSORなど、多様な放射光実験施設がある日本に比べ、海外では放射光実験は身近ではなく、例えばAustralian Synchrotronでは課題の採択率が約10%と非常に低く、実験には高いハードルがあるようです。私は、Photon Factoryで溶液の時間分解軟X線吸収分光法の開発を研究テーマとして、これまで長時間のビームタイムを使用してきた経緯もあり、その有難さを改めて認識することができました。

最後に、本スクールへの参加の貴重な機会をいただき、関係者の皆様には改めてお礼を申し上げます。また、スクール期間中、手厚いサポートをしてくださった現地スタッフの皆様、一緒に楽しい時間を過ごさせていただいた参加者の皆様に改めて感謝を申し上げます。

XRM2024(16th International Conference on X-Ray Microscopy) 参加報告

放射光実験施設 丹羽尉博

2024年8月12日～16日の期間でX線顕微鏡に関する国際会議16th International Conference on X-Ray Microscopy(XRM2024)がスウェーデンのルンドで開催された。ルンドはスウェーデン国内で二番目に古い大学であり、ノーベル賞受賞者やスウェーデン首相を多く輩出する名門ルンド大学を要する人口約9万人の都市である。その人口の約4割をルンド大学の大学職員と大学生が占めることから大学の都市と呼ばれている。そして、ここルンドには世界で最初の第四世代放射光施設MAX IVがあることは我々放射光関係者の誰もが知るところだろう。そんな世界最先端の放射光施設を有するルンドの中心部には12世紀半ばに建てられたルンド大聖堂やルンド大学図書館など歴史的建造物が多く見られ、その周辺には石畳がつづく中世の趣を残す静かな町並みが広がっている。しかし、ダウンタウンから街の東北端にあるMAX Lab.に向かう途中にはエリクソンなど多くのハイテク企業が社屋を構え、中世と現代が共存する都市であった。MAX Lab.までのエリアには、真新しい高層アパートが建ち並んでいたが、建設中のものも多く、まだまだ開発が進行中という様子だった。大学、放射光施設、ハイテク企業からなる都市の構造はどこか日本の某研究学園都市(中世の趣はないけれど)を思わせるが、物質、材料研究に不可欠な国内唯一、しかも世界最先端の放射光施設を有する都市としては自然な発展なのかも知れない。会議開催期間は日本ではちょうどお盆にあたる時期



ルンド大学図書館。日本の某有名アニメ映画に出てきそうな趣のある建物。

であったが、ルンドでは晴天下の日中でも外気温は 25℃程度で湿度も低く、朝夕に半袖で出歩くと肌寒いくらいの気候であり、最低気温がルンドの最高気温よりも高い日本から訪れた筆者はその過ごしやすさに大いに気分をよくしていた。ところが連日 40℃に届こうかという酷暑の日本から、一転して爽やかな気候のルンドにいきなり移動したことによる気温差のせい、滞在中に体調を崩すという大失態を演じてしまった。日本から同じ会議に参加された一部の皆さん、その節は大変ご迷惑をおかけしました。この場を借りてお詫びいたします。

XRM は 2 年に一度開催されるのが通例であったが、2018 年にサスカトゥーン（カナダ）で開催された第 14 回の会議を最後に、2020 年はコロナ禍により中止、2022 年の前回会議は台湾主催のバーチャル開催だったため、第 16 回となる今回は実に 6 年ぶりの現地での対面開催であった。XRM2024 は参加登録者数 350 名以上、2 つの平行セッションとポスターセッションから構成されていた。会議のテーマは言うまでもなく X 線を用いた顕微鏡技術およびそれを用いた研究に関するものである。放射光からラボの X 線まで、様々な X 線顕微鏡に関する研究例が報告されていた。放射光施設から得られる微小ビームやコヒーレントを活用した X 線顕微鏡では、放射光施設の性能向上が顕微鏡性能の進化に直結する。近年では第 3、第 4 世代の放射光施設から得られる低エミッタンス、高コヒーレンスな光や、技術の発展が著しい超精密加工による高精度光学素子により、集光ビームは数十 nm にまで絞られ（例えば ESRF EBS のナノイメージングビームラインでは約 17 keV の X 線を 20 nm に集光すると報告されていた）、タイコグラフィーでは 10 nm に迫る空間分解能が達成されている（例えば SIRIUS の CARNAÚBA (Coherent X-ray NAnoprobe BeAmline) では 15 nm の空間分解能との報告）。このように第 3、第 4 世代光源の進化により著しい発展を遂げている X 線顕微鏡だが、本稿では空間分解能など、X 線顕微鏡の性能そのものではない別の観点から会議を語ってみたい。

既に述べたとおり、放射光源性能の進化により X 線顕微鏡の技術、性能も大きく進化し、それを用いた先端的な研究例も数多く報告されている。それらの蓄積により、近年、放射光を用いた X 線顕微鏡に関する一定の問題点、トレンドが見えてきたように感じた。

ひとつは得られた画像データの取り扱いである。X 線ビームの微小化、コヒーレントを用いる手法による空間分解能の向上や、データ取得の高速化により、二次元もしくは三次元画像データの容量は膨大なものになる。計測技術の進歩によりデータ容量が今後益々増加するのは自明であり、その取り扱いを人の手で行うのには限界がある。本会議では必ずしも発表数は多くなかったが、画像データ取得後のデータ処理を機械学習によって実行する発表がいくつかあった。例えばニューラルネットワーク (U-Net) を用いた深層学習を用いて三次元再構成像の断層画像をセグメンテーションするベルリン工科大の取り組みでは、従来は手動で行われていた生物細胞の断層像に U-Net アーキテクチャを利用したニューラルネットワークモデルを適用することで、細胞小器官の位置、距離、濃度を決定するなど、細胞レベルでの定量解析を実現している。また、やはり深層学習を用いた CT の三次元再構成ソフトウェアの開発に関する報告も目を引いた。高精度に計測された三次元再構成画像をトレーニングモデルとすることで、実試料の画像中のノイズとアーティファクトを低減する解析ソフトウェアが報告されていた。通常、視野と空間分解能は両立しないが、狭い視野を高分解能で計測した画像をトレーニングモデルとして、広視野で測定した画像をモデルと同等の空間分解能で再構成するソフトウェアの報告もあった。

もうひとつの問題点、トレンドはビームダメージである。X 線自由電子レーザーを用いた研究ではよく言われていることであるが、本会議での講演の中で放射光 X 線を用いたダメージに言及している発表がとても多かったのが印象的だった。ナノ集光ビームを用いた有機物や生体試料の計測では、試料を冷やしていてもダメージはほぼ不可避であり、



MAX IV 蓄積リング周辺の独特な凹凸部分に登ってみるとこのような景色だった。

そのダメージそのものをどう評価するか、という論点の発表もあった。また、本会議前日に開催されたX線顕微鏡に関するワークショップでは、“How to tame a beast?”というテーマで試料ダメージについて議論するセッションもあり、放射光技術の進歩によってXFELのみでなく蓄積リング光源の光でも今や“Beast”となっている現状を理解することができた。

会議最終日にはMAX IV Lab. Tourがあり、MAX IVを見学する機会を得た。MAX IVでは現在16のビームラインが稼働しており、年間の運転時間およびユーザー数はそれぞれ5000時間、約1700名とのことだった。全てのビームラインが挿入光源を有し、2つのBMビームラインはビーム診断用として活用されている。2016年から運用を開始したMAX IVだが、既に具体的なアップデート(MAX 4th)の計画があり、それが紹介された。MAX 4thではエミッタンスがこれまでの328 pmradから50-100 pmradまで向上することを目指すらしい。そのためにほとんどのコンポーネントの置き換えが必要とのことだった。2026年までに予算取り、2027年にTDR(Technical Design Report)、2029年7月からシャットダウンし、2030年に運用再開というマイルストーンが示された。海外他施設でもSLS 2.0(2024年11月、2025年12月に段階的にシャットダウンし2026年1月完成)、PETRA IV、NSLS IIアップグレード(2030年頃の完成を目指す)などが第4世代光源へのアップグレード計画を持っており、どの施設もナノレベルのイメージング技術が目玉のひとつとして掲げられていた。

現在PFが建設を目指している将来光源PF-HLSが実現すれば、そこで行われる数々の手法のひとつとして同様にX線顕微鏡が必ず挙げられるであろう。その新光源で、STXM、走査型、投影型、結像型などの様々な顕微鏡の手法を、今回のXRM2024で数多く報告されていた世界最高性能のものに作り上げていくことは当然のことながら、計測そのもの以外の、ビッグデータの取り扱いや、AIを活用した画像処理・解析、また試料のビームダメージへの対策などが基盤技術となるような準備が必要と感じた。特にビッグデータをAI、機械学習で取り扱うことは、第3、第4世代光源でなくてもすぐに取り組めることであり、サイエンス的な興味としてだけでなく、組織のミッションとして取り組むべき課題であろうと感じた。今回のXRM2024は筆者にとって、新光源実現に向けて今から取り組むべき課題をイメージングの観点から気付かせてくれる会議であり、参加したことはとても有意義であった。次回2026年のXRMはブラジルのSIRIUSにおいて7月14日から開催される予定である。また次々回の2028年は前回オンライン開催となった台湾がリベンジの形で主催することが決定している。

XAFS 夏の学校 2024 に参加して

放射光科学第二研究系(KEK 学振特別研究員) 吉田一貴

2024年8月24日から26日の3日間、立命館大学びわこ・くさつキャンパスエポック立命21(滋賀県草津市)にて開催された日本XAFS研究会主催XAFS夏の学校2024に参加した。2010年からほぼ毎年開催されており、今回は11回目の開催となる。XAFS夏の学校は、学生や若手研究者を対象とした、X線吸収微細構造(XAFS)法に関する合宿形式の勉強会であり、その内容はXAFS理論の基礎から解析実習、応用例に至るまで幅広い。初日と2日目の講義のあとは、ポスター発表と懇親会があり、参加者の間で活発な交流や議論が行われた。今回の夏の学校には、様々な大学・研究機関・企業などから約40名が参加していた。

会場となった立命館大学びわこ・くさつキャンパスは、琵琶湖の最南部に近い草津市にあり、京都駅から鉄道とバスを使用して40分ほどでアクセスできる。当日は幸運にも天気恵まれ、軽やかな足取りで会場に向かった。初日は立命館大学の朝倉清高先生から、“光とは何か?”に始まり、EXAFS・XANESの基礎理論について講義していただいた。XAFSスペクトルから得られる情報と背景にある理論の関係について、質疑応答を交えながら詳細に説明していただき、理解を深めることができた。初日の講義の後半は、名古屋大学の唯美津木先生から、触媒材料・高分子材料・燃料電池など幅広い機能性材料におけるXAFS法の適用例について紹介いただいた。機能性材料の解析の難しさである①複数の物質・材料・相の混在、②複数の反応、③それらの時空間的变化は、私の専門である岩石-水反応でも共通するものがあり、紹介いただいた研究例は非常に参考になった。特に、タイヤゴムの劣化メカニズムについて着目した研究例では、データ科学的手法を適用することで、劣化のトリガーとなる銅の酸化還元状態の変化とその空間分布の関係を鮮やかに見出されていたことは印象的だった。



会場の様子

2日目は、近畿大学の朝倉博行先生から、XAFS スペクトルの解析方法に関して講義していただいた。XAFS 解析ソフトウェアである Athena および EXAFS 解析ソフトウェアである Artemis の基本的な使い方について、デモデータを用いながら操作方法を説明していただいた。参加者は、持参した PC で実際にソフトウェアを操作しながら実習を行う形式だったため、ソフトの操作方法などについて理解を深めることができた。実習では、まず初めに Cu 箔の K 端の XAFS スペクトルの解析を行った。つづいて、Au 箔および Au ナノ粒子の XAFS スペクトルについて、Artemis を用いた EXAFS 解析実習を行った。EXAFS の解析のための手順は少々煩雑であり、参考書や WEB などの説明ではわかりにくいこともある一方で、この実習では、朝倉先生やスタッフの方からサポートを受けながら、一つ一つ丁寧に説明していただき、EXAFS の解析を実際に自分で行うことができるようになったとともに、理解を深めることができた。実習の最後には、XANES 領域の理論計算コードである FDMNES を用いた数値シミュレーションの実習を行い、金属 Cu の XANES スペクトルを理論計算によって求め、実際のスペクトルとの比較を行った。2日目の後半の講義では、高エネルギー加速器研究機構の山下翔平先生から、軟 X 線 XAS および走査型透過 X 線顕微鏡 (STXM) に関する講義をしていただいた。軟 X 線と硬 X 線の違い、特徴、さらに具体例や応用例について説明していただいた。初日と2日目の午後には、ポスター発表があった。初日は2時間半、2日目は1時間半と十分な発表時間が設けられており、参加者の間で活発な議論が行われた。ポスター発表では、燃料電池・磁性材料・蛍光材料など様々な物質を対象とした多くの研究が発表されていた。私も多様な分野・バックグラウンドの方々とコミュニケーションをとることができた。また、普段なかなか聞かれないような質問もあり良い刺激になった。

最終日は、XAFS の利用例について、立命館大学の折笠有基先生と三菱ケミカル株式会社の岡本薫先生から講義をしていただいた。折笠先生からは、電池や燃料電池などの電気化学エネルギー変換デバイスを対象とした XAFS の利用例について講義をしていただいた。電池材料の開発例では、予測した反応が実際に進行しているかの確認や、副反応を伴う難しい電磁材料の解析に XAFS が有効であることを説明していただいた。電池の充放電実験を例として、実際の XAFS スペクトルを示しながら説明していただき、解析方法の適用の仕方やどのような情報が XAFS や EXAFS から得られるかの実際を知るうえで参考になった。また、オリビン構造をもつ材料が電池材料として使われていることを紹介いただいた。オリビンは、私の専門分野である固体地球科学において、地球の上部マントルを構成する非常に一般的な鉱物として知られているため、親近感を覚えたとともに、私にとって身近な鉱物が電池材料としてのポテンシャルを持っていることに非常に興味をそそられた。つづいて、岡本先生からは化学会社での XAFS 活用例を紹介していただいた。材料開発から化学製品が世の中に



ポスター発表の様子

出るまでの過程の説明や化学産業と分析技術のつながり、さらにはキャリアパスに関する話まで、XAFS に限らず、幅広い話題についてお話いただいた。また、化学会社での XAFS 利用例としては、触媒・傾向材料・抗菌材料などの機能性物質の作用・特性の調査や、不純物の調査に使われていることを紹介いただいた。特に、触媒・無機材料の反応機構と炭素材料の不純物・添加剤の解析例について詳細に説明いただいた。触媒・無機材料の解析例では、未知の XAFS スペクトルに対する、構造最適化と XAFS スペクトルの数値シミュレーションを組み合わせた詳細な解析例について紹介いただいた。炭素材料の例では、炭素材料に微量な不純物（金属元素）が混入すると、材料強度の低下や電気化学特性の悪化など物性に様々な悪影響を及ぼすこと、このような微量な金属元素の状態分析において XAFS が有効な手法であることを説明いただいた。また、微量な金属元素の測定時にはコンタミ対策が重要であり、光路からの金属部材の排除や、散乱 X 線の排除などの測定時の工夫により数 ppm レベルの金属不純物の XAFS スペクトルが得られることを紹介いただいた。私の専門分野である固体地球科学においても、微



集合写真

量元素は重要な情報を持っていることが多いので、紹介いただいた微量元素の測定事例は非常に参考になった。閉会式の後には、立命館大学にある放射光施設であるSRセンターの見学会があり、朝倉清高先生からSRセンターの各ビームラインについて説明していただいた。直径1mというコンパクトな蓄積リングの周囲には、12個のビームラインが設置されており、軟X線領域を対象とするビームラインが多かった。

今回、XAFS夏の学校2024に参加し、XAFSの基礎理論・解析方法・応用例についての幅広い内容について講義を受けることで、XAFSに関する理解をより深めることができた。また、多様なバックグラウンドを持つ参加者とのコミュニケーションは、とてもいい刺激になった。最後に、XAFS夏の学校を企画・運営して下さった実行委員長長の山下翔平先生をはじめとする実行委員会の皆様・講師陣の皆様へ感謝申し上げます。

SRI2024 (15th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation) 参加報告

放射光実験施設 片岡竜馬

2024年8月26日から30日の5日間、「15th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2024)」がドイツ・ハンブルクのCongress Center Hamburgにて開催されました。SRIは3年ごとに開催される、放射光とX線自由電子レーザー(XFEL)に関する大規模な国際会議です。1984年から続く歴史のある本会議は、40年の時を経て、第一回開催地であるハンブルクに戻ってきたこととなります(オンライン開催を除く)。前回2021年は新型コロナウイルス感染症の世界的な流行に伴いオンライン開催となりましたので、完全対面での実施は2018年の台湾以来となります。久々のオンサイト開催ということもあってか、実に34か国・210の研究施設から1200人を超える研究者・技術者が参加し、大いに賑わっていました。

Invited Talksでは、各国の放射光施設のアップグレード計画や進捗状況について興味深い話を聞くことができました。特に、日本の施設と比較して、建設に係る予算の規模や近年世界的に課題になっている環境問題に関する認識が全く異なることに驚きました。これらの発表から、いかに日本と諸外国との間に国力の差があるかを思い知らされたような気分になり、われわれ一人ひとりが日本の科学技術の将来について考えていかなければならないのではないかと感じました。

Mikrosymposiumでは、エンジニアリングに関連する発表を中心に聴講しました。音響浮揚などの様々なテクニクを用いた試料搬送システムや、高真空中で使用可能な3Dプリンティング材質に関する研究発表など、技術職員

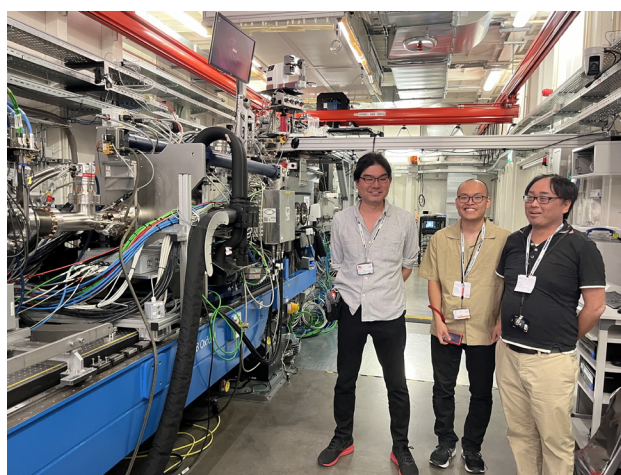


図1 European XFELのSPB/SFX実験ステーションにて撮影した写真。左から佐藤篤志氏(European XFEL)、著者、岩山洋士氏(UVSOR)。

である自分の業務に活かそうな研究について情報収集することができました。また、セッション「Data Automation and the Use of AI」では、多くの方が聴講に訪れており、自然言語処理を用いたビームラインの制御に関する発表は立ち見の方が現れるほどでした。AIを用いた技術革新は多くの方の興味を惹いているようで、時代を感じさせる光景だと感じました。

Poster sessionでは、ユニークなサンドイッチ(酢漬けのニシンが挟まったサンドイッチが意外と美味でした)やパンとコーヒーとともに、活気ある議論が行われていました。私はこのセッションで開発研究多機能ビームラインBL-11および広波長域軟X線ビームラインBL-12Aの現在の建設状況や今後のR&D計画について発表を行いました。主にアジア圏の研究者の方に興味を持っていただくことができ、BL-11で想定されるR&Dやサイエンスケースなどについて意見交換を行いました。私は恥ずかしながら英語が得意でなく、会話中言葉が詰まったり質問を何度も聞き返したりしてしまいました。何とか意思疎通ができたことは大きな自信になったものの、次の機会ではよりスムーズな英会話ができるように英語力を磨こうと決意を新たにしました。

Site Visitsでは、DESY構内にある放射光リングPETRA IIIのMax von Laue実験ホールと、DESYからバスで15分ほど移動した先のEuropean XFELのビームラインを見学しました。私は、技術職員としてPFに就職する以前は放射光と全く縁がなく、これまでPF以外の施設に行ったことがなかったので、PETRA IIIが人生で2番目の放射光施設になりました。

PETRA IIIはもともと素粒子実験に用いられていたものを放射光源として再利用した大型の加速器で、周長は2.3kmにも上ります。そのため、ビームラインを建設するための空間に限りがあり、Max von Laue実験ホールには所狭しとハッチが並んでいました。狭い空間に複数のビーム

ラインが上下に並んでいる構造は、上述した PF BL-12A を想起させました。BL-12A は、旧 BL-11A, -11B, -11D の 3 ブランチを 1 つに統合させたビームラインで、軟 X 線パスと tender X 線パスが上下に分割された構造となっています。私は BL-12A でビームライン建設に初めて携わったのですが、BL-12A 一本の建設だけでも相当の苦勞を要したので、Max von Laue ホールのビームライン設計・建設では並々ならぬ苦勞があったのではないかと感じました。

European XFEL では、各ビームラインについて簡単な説明がありましたが、見学時間が限られていたため、十分施設内を見ることができませんでした。しかし、XFEL の Senior Scientist であり、かつて PF に在籍されていた佐藤篤志氏のご厚意で、改めて施設内の見学をさせていただき、ビームラインの光学系やレーザー設備について、詳細にお話を伺うことができました (図 1)。特に、Site Visits では回らなかったホール内も案内していただき、気になっていた基盤設備に関わる部分について知ることができたのはとても良い経験になりました。

4 日目の夜に行われた Conference Dinner は、港町ハンブルクらしくクルーズ船上で行われました。船は夕日に彩られたハンブルク港を出発し、エルベ川を下ってゆきました (図 2)。われわれはデッキの上を陣取り、おいしい

お酒とともにハンブルクの街並みが夕景から夜景に美しく変わってゆく様を楽しみました。ハンブルクは欧州でも 5 本の指に入る巨大なコンテナターミナル群を有し、日夜航海する貨物船からコンテナの荷揚げが行われています。これらのコンテナターミナルで、荷揚げクレーンが美しい夜景の中動き続けているさまに大きく心を惹かれ、忘れられない思い出となりました。

今回、私は SRI2024 に参加したことで大きな経験が得られたと感じています。多くの研究者や技術者の発表を聞き、自分のいる日本という環境、そして一放射光施設の中という環境がどれだけ狭かったかを思い知らされました。特に、私はこれまでの人生で一度も海外に出たことがなかったので、放射光にまつわるだけでなく、気候・環境の違いや文化的差異について新たな発見をすることができ、様々な点で自分の見聞を広げることができたことは幸甚の極みです。次回の SRI は 3 年後の 2027 年にブラジルで開催されるとのことです。また学会に参加して情報収集や濃い議論を行えるように日ごろの業務に注力し、日々研鑽してゆきたいと考えております。

このような貴重な機会をいただきましたことについて、関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。また、貴重なお時間を頂戴し、施設内を案内していただきました佐藤篤志氏に厚く御礼申し上げます。



図 2 Conference Dinner の様子。
(a) 船内の様子。
(b) 船上から見えるコンテナターミナルの夜景。

位相 CT シンポジウム及び X 線干渉計ユーザーの集い開催報告

位相計測 UG 代表 SAGA-LS 米山明男
東北大学大学院医学系研究科 権田幸祐

位相コントラスト X 線 CT の普及を目的として、東北大学大学院医学系研究科と PF-UA 位相計測 UG が主催となり、同 CT のうちで最も高感度な結晶 X 線干渉法を対象としたシンポジウムと集いを下記のように開催致しました。当日は東北大学医学系研究科の先生方をはじめ、オンラインの方も含めると 160 名以上の方にご参加頂き、大変に盛況なシンポジウムと集いになりました。

シンポジウムでは、はじめに主催者の権田から本シンポジウムの趣旨を説明した後、東北大学大学院医学系研究科の石井直人研究科長、PF-UA の近藤寛会長、PF の五十嵐教之放射光実験施設長からご挨拶頂きました。続いて、米山から位相 CT の原理と装置について概要を説明した後、京都大学医学研究科の山田重人教授から京都コレクションのご説明と位相 CT による胚子の非破壊 3 次元観察例、及び MRI との比較などを、北里大学医療衛生学部の Thet Thet Lwin 准教授から非常に鮮明且つ高精度な腎臓の観察例と加齢による変化などを、東北大学国際放射光イノベーションスマート研究センターの西堀麻衣子教授から放射光を病理組織評価に応用した Pt 製剤の蛍光マッピングの例に加えて、NanoTerasu をご紹介頂きました。

休憩後は東北大学国際放射光イノベーションスマート研究センターの亀沢知夏特任研究員から硬さを計測するエラストグラフィの紹介と放射光等を用いたアガロース等を対象とした計測結果を、京都大学医学系研究科の高桑 徹也教授から肝臓の形成や肺の分岐など胚子期の器官形成を位相 CT で計測した結果をご紹介頂きました。続いて米山から上記以外のメディカル応用として、アルツハイマー病 β アミロイドや in vivo 表在がんの観察例をご紹介し、KEK 物質構造科学研究所の兵藤一行シニアフェローから PF の利用方法についてご説明頂きました。

再度休憩後は現地のみで開催として、権田から 2 nm という非常に小さい金ナノ粒子の説明と放射光による可視化そして将来展望をご紹介し、最後に東北大学医学系研究科医科学専攻博士課程の木村森音氏から静脈血栓症における血栓の位相 CT による観察例などをご紹介頂きました。

翌日の「X線干渉計の集い」では、東北大学医学系研究科保健学専攻博士前期課程の當山亮太氏から「腫瘍血管の正常化」の現象を活用した放射線治療効果について位相 CT を利用した計測結果を、同博士前期課程の熊谷圭悟氏から糖尿病を併発した時の腫瘍血管の構造や機能変化について放射光を用いた計測結果を、同博士前期課程の白石 有佳氏からは糖尿病による血管障害が筋萎縮・骨構造へ与える影響の位相 CT 観察について、ご紹介頂きました。以上の3演題はモデルマウスを用いた講演でしたが、最後に同医科学専攻博士課程の村上皓彦氏からはヒトの血管病変組織と位相 CT によるその観察例をご紹介頂きました。

休憩後は産総研エネルギープロセス研究部門の竹谷敏上級主任研究員からは現在開発中のクライオシステムに加えてメタンハイドレートの観察例などをご紹介頂き、KEK 物質構造科学研究所の杉山弘助教からは PF BL-14C の単色器安定化、及び1枚非対称結晶による強度増加計画などをご紹介頂きました。最後に米山から位相板のピエゾ駆動による計測時間の短縮、今後の高度化計画についてご紹介致しました。

午後からは量子科学技術研究開発機構 NanoTerasu センターの藤井健太郎グループリーダーのご案内で、4月から運用を始めた NanoTerasu を実験ホールを含めて見学させて頂きました。1.5日と短い開催期間でしたが、かつてないほどの多くの方々にご参加頂き、非常に活発な意見交換ができ、大変充実したシンポジウムと集いにすることができました。最後になりましたが、本シンポジウム及び集いの開催にあたり、東北大学医学系研究科の北村成史准教授、PF-UA 事務局の加世田薫様をはじめ、権田研究室の学生方には大変お世話になりました。この場をお借りして深くお礼申し上げます。

位相 CT シンポジウム

日時：2024年9月9日(月) 13:00-18:10
会場：東北大学星陵キャンパス・星陵オーデトリウム講堂
主催：東北大学大学院医学系研究科、PF-UA 位相計測 UG
共催：高エネルギー加速器研究機構・フォトンファクトリー (KEK PF), PF-UA

- 13:00 シンポジウムの狙い：
権田 幸祐 (東北大学医学系研究科・教授)
- 13:00-13:15 開会のご挨拶
石井 直人 東北大学医学系研究科長
近藤 寛 PF-UA 会長 (慶応大学・理工学部)
五十嵐 教之 KEK PF 放射光実験施設長
- 13:15-13:30 放射光位相 CT の概要
米山 明男 (九州シンクロトロン光研究センター・主任研究員, KEK・客員教授)
- 13:30-14:00 講演1：ヒト形態発生における位相イメージング
山田 重人 (京都大学・医学系研究科・教授)
- 14:00-14:30 講演2：腎臓の位相コントラストX線CT観察
Thet Thet Lwin (北里大学・医療衛生学部医療工学科・講師)
- 14:30-14:55 講演3：放射光を使ったがん病理組織解析～抗がん剤のヒト腫瘍内分布の可視化～
西堀 麻衣子 (東北大学・国際放射光イノベーション・スマート研究センター・教授)
- 14:55-15:05 休憩 & 交流
- 15:05-15:35 講演4：X線干渉計によるX線エラストグラフィの検討
亀沢 知夏 (東北大学・国際放射光イノベーション・スマート研究センター・特任研究員)
- 15:35-16:05 講演5：高解像度位相 CT 画像を用いて、ヒト胚子の形態形成をみる
高桑 徹也 (京都大学・医学系研究科・教授)
- 16:05-16:25 講演6：位相 CT の各種バイオメディカル応用
米山 明男 (九州シンクロトロン光研究センター・主任研究員, KEK・客員教授)
- 16:25-16:45 KEK PF の利用について
兵藤 一行 (KEK・物質構造科学研究所・シニアフェロー, 東北大学・客員教授)
- 16:45-17:05 休憩 & 交流 (以降の講演は現地のみ)
- 17:05-17:35 講演7：金ナノ粒子尿路造影剤を用いた糖尿病性腎症の病態評価
権田 幸祐 (東北大学医学系研究科・教授)
- 17:35-18:00 講演8：蛍光・X線・電子線によるマルチスケール計測を用いた静脈血栓症発症の理解
木村 森音 (東北大学医学系研究科・医科学専攻博士課程)
- 18:00-18:05 閉会
権田 幸祐 (東北大学医学系研究科・教授)

X線干渉計ユーザーの集い

日時：2024年9月10日（火）9:30 - 15:30

会場：東北大学星陵キャンパス・星陵会館・大会議室，
NanoTerasu

主催：位相計測UG

共催：高エネルギー加速器研究機構，PF-UA

9:30-9:35 開会挨拶

米山 明男（九州シンクロトロン光研究センター・主任研究員，KEK・客員教授）

9:35-10:05 X線イメージングを駆使した腫瘍血管正常化の解析

當山 亮太（東北大学医学系研究科・保健学専攻博士前期課程）

10:05-10:35 腫瘍血管の構造や薬剤送達能に糖尿病が与える影響の解析

熊谷 圭悟（東北大学医学系研究科・保健学専攻博士前期課程）

10:35-11:05 糖尿病と除神経により萎縮した骨格筋，栄養血管および骨のX線イメージングによる構造解析

白石 有佳（東北大学医学系研究科・保健学専攻博士前期課程）

11:05-11:35 X線位相コントラストイメージングを用いたヒト血管病変組織の可視化

村上 皓彦（東北大学医学系研究科・医科学専攻博士課程）

11:35-11:40 休憩

11:40-12:00 気軽な温度制御型X線位相イメージング計測に向けての取り組み

竹谷 敏（産業技術総合研究所エネルギープロセス研究部門・上級主任研究員）

12:00-12:20 KEK PFの干渉計の高度化に関して

杉山 弘（高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所・助教）

12:20-12:40 KEK PFの干渉計の高度化に関して～計測条件の最適化，ピエゾの導入～

米山 明男（九州シンクロトロン光研究センター・主任研究員，KEK・客員教授）

12:40 総評

矢代 航（東北大学・国際放射光イノベーション・スマート研究センター・教授）

12:45 閉会挨拶

権田 幸祐（東北大学医学系研究科・教授）

12:45-14:30 各自，東北大学星陵キャンパスから青葉山新キャンパスへ移動

14:30-15:30 NanoTerasu 見学

対応：藤井 健太郎（量子科学技術研究開発機構 NanoTerasu センター・グループリーダー）

第2回 PF-UA サマースクール「放射光の特長を活かした分析手法」開催報告

分子科学研究所 長坂将成

第2回 PF-UA サマースクール「放射光の特長を活かした分析手法」を，2024年10月4日（金）にオンラインで開催しました。本サマースクールは，PF-UA 教育小委員会が企画しているもので，若手研究者，大学院生，大学生などの放射光初学者向けに，放射光を用いた分析技術の測定原理や測定方法などを学ぶ機会を提供することを開催趣旨としています。昨年度開催された第1回のサマースクールでは，「放射光分析手法の初学者向け勉強会」として放射光初学者向けに様々なX線分析技術を学ぶ機会を提供することを目的としました。第2回目となる本サマースクールでは，偏光スイッチングや放射光のバンチ構造を用いた時間分解計測などの，放射光の特長を活かしたX線分析手法を学ぶことを目的としました。

本サマースクールは初めに実行委員長である長坂から，開催趣旨と講演プログラムについて説明しました。続いて，近藤寛先生（PF-UA 会長，慶應義塾大）から，PF-UA の活動紹介とX線光電子分光の測定原理と応用について講演して頂きました。PF-UA には23のユーザーグループがあり，それぞれのグループが講習会やビームラインの運営など，活発に活動していることが紹介されました。PF-UA では様々な講習会を企画すると共に，学生論文賞を設けるなど，学生や若手研究者を奨励する様々な取り組みを行っています。X線光電子分光では，元素分析だけでなく，表面の顕微測定や時間分解測定が行えるというご説明を頂きました。波長可変な放射光の特長を活かして，異なる元素ごとに光電子の強度を調整する方法が印象に残りました。海野昌喜先生（茨城大）からは，タンパク質X線結晶構造解析について講演して頂きました。測定にはタンパク質を結晶化させることが最も難しい点と，異常分散法や分子置換法などの構造解析方法についての説明を頂きました。立体構造が良く似たタンパク質の構造を基にして構造解析する分子置換法において，AlphaFold2により得られたタンパク質の構造を用いる方法が印象に残りました。雨宮健太先生（物構研）からは，2台のアンジュレーターを用いた偏光スイッチングの原理と，偏光スイッチングを用いた分析手法の説明を頂きました。偏光スイッチングを用いると，左右異なる円偏光が連続して得られますので，微小な磁性変化の観測と共に，バックグラウンドが安定したスペクトル測定ができる点が良いと思いました。偏光依存性は磁性研究に一般的に用いられますが，キラル分子やタンパク質などの生体試料への展開も将来的に期待できます。

休憩後の後半の部では，野澤俊介先生（物構研）から，放射光のバンチ構造を用いた時間分解X線測定について紹介して頂きました。PF-AR は単バンチ当たりの光子量が世界最大のため，放射光とレーザーを同期した時間分解

X線測定に最適です。AR-NW14Aのレーザーシステムや時間分解測定のための技術の紹介を頂くと共に、X線吸収分光法、X線溶液散乱などの様々な時間分解測定の実用例について講演して頂きました。清水伸隆先生（理研）からは、タンパク質の溶液X線小角散乱について講演して頂きました。溶液X線小角散乱の測定原理のご説明と共に、不安定なタンパク質複合体などの解析を行うために、クロマトグラフィーによるタンパク質のサイズ選別と、紫外可視分光とX線小角散乱の同時測定を行う複合的な測定システムのご紹介を頂きました。溶液中の分子の構造揺らぎを取り入れるために、様々なモデルの構造アンサンブルを用いた解析に興味深かったです。最後に、五十嵐教之先生（PF施設長、物構研）から、PF施設の現状と将来計画についてのご紹介を頂きました。放射光学術基盤ネットワークと学術施設間の連携など、多様性と自由度をもって学術研究のフロンティアを開拓することと、Diversity Frontierを推進するために、構造と電子状態解析を同時に可能にするマルチビーム実験施設を推進するという、次期放射光施設の計画についてご説明頂きました。

本サマースクールに参加登録された方は70名おられました。実際に参加された方はそれより少なかったようですが、参加者から多くの質問もあり、活発な議論ができたと思います。様々なX線分析手法を紹介するという取り組みは、初学者だけでなく、中堅の研究者が自身の研究を広げるうえでも役に立つというご指摘がありました。また、PF-UAには23のユーザーグループがあるので、そこから巡回して講演してもらおうと、より様々な分析手法を学ぶことができるという意見もありました。PF-UAサマースクールは、テーマを変えて毎年開催する方針です。来年度のサマースクールで聞いてみたい内容などがありましたら、お気軽に教育小委員会にご連絡ください。本サマースクールでは、PF-UA事務局の加世田薫さんに、ホームページの作成や参加登録のフォーム作成など、多くのご協力を頂きました。五十嵐先生には、オンライン会議のためのZOOMの設定を行って頂きました。また、教育小委員会の先生方には、プログラムの作成や座長など多くのご協力を頂きました。講演された先生方には、分野外の方にも分かりやすい内容で、様々なX線分析手法についてご説明を頂きました。厚く御礼を申し上げます。プログラムの詳細は、以下のWebサイトをご参照ください。講演された先生方のご厚意により発表資料の一部も公開する予定ですので、サマースクールに参加できなかった方も是非ご覧ください。

<http://pfwww2.kek.jp/pfua/katsudo/20240705.htm>

第3回フォトンファクトリー同窓会講演会開催報告

フォトンファクトリー同窓会会長 太田俊明

2024年9月28日（土）にフォトンファクトリー同窓会主催「第3回フォトンファクトリー同窓会講演会」をフォトンファクトリーと共催でKEK小林ホールにてオンライン会議併用で開催致しました。

今回も第2回フォトンファクトリー同窓会講演会に引き続き午前中にフォトンファクトリー見学会、午後に講演会と懇親会を行いました。

見学会は五十嵐教之放射光実験施設長の案内で、PF実験ホールとPF-AR実験ホールを見学させていただきました。参加者には久しぶりにPFに来所された方もいて、PF新放射光源施設設計画の一環として建設中の開発研究多機能ビームラインや高度化された多くのビームラインに感心されていました。

本同窓会は2021年8月28日に発足したもので、同窓会規約により幹事会は3年任期になっており、本年8月28日から幹事会の2期目が始まり、6月に開催された幹事会にて、幹事である加速器系の齊藤氏、設楽氏が辞退され、後任に花木氏、古川氏が幹事候補として推薦されました。その後、同窓会会員のメール審議により幹事が選出されました。花木氏、古川氏の他は全員留任され、同窓会規約により幹事会の互選によって、私も引き続き2期目の会長をお引受けすることになりました。そこで、講演会に先立ち、新しい任期の幹事を紹介させていただきました。今期も新たな気持ちで同窓会の設立目的である「フォトンファクトリーを支援していく環境を醸成する」、「日本ひいては世界における放射光科学の推進に役立つ」に沿った活動を続けていきたいと考えています。引き続き、どうぞよろしくお願いいたします。

参考情報（同窓会幹事会）

http://pfwww2.kek.jp/alumni_association_of_pf/kanjikai.html



講演会の様子1
左から雨宮座長、中川先生、坂部先生



講演会の様子2
左から齊藤先生、小野先生

講演会は、雨宮慶幸副会長司会のもと、KEK 名誉教授 坂部知平先生、KEK 名誉教授 齊藤芳男先生、大阪大学 小野寛太先生に講演をしていただきました。

坂部先生は、PF との出会いや放射光を用いたタンパク質の X 線結晶構造解析に関する世界的な黎明期での研究開発、インシュリンの高分解能構造解析、検出器としてのイメージングプレート導入と研究の進展など、昨年亡くなられた奥様、貴和子先生と二人三脚で歩んできた長い道のりについて講演をされました。坂部先生の研究内容に関する資料はお弟子さんでもある大阪大学 中川敦史先生が代理での説明をされました。ご高齢にもかかわらず一語、一語、力強いお言葉の講演には、参加者一同感動しました。

齊藤先生は、これまで関わってこられた KEK- LINAC, J-PARC 大強度陽子シンクロトロン、重力波検出器 (KAGRA) などの大型真空装置の開発に関して講演をされました。宇宙に関する研究を行う大型真空装置、核融合臨界試験装置、ニュートリノ質量測定用電子エネルギー分光器、重力波観測用レーザー干渉計などの大型超高真空装置に関する紹介から始めて、真空にもいろいろなタイプ (Clean Vacuum, Hot Vacuum, Quiet Vacuum) があるというお話は新鮮な驚きでした。「真空」という放射光科学推進に関する重要な基盤技術に関して思いを馳せることができました。

小野先生は、PF での研究推進で得られたことや感じたことの紹介と現在の研究テーマである「物性研究の自律化による複雑な材料特性メカニズムの解明」について講演をされました。自律的に研究するロボットに関して、メカノケミカル合成の最適化と解明のための自律型ロボット実験・解析システムを紹介されながら次世代材料の研究開発に関する新しい方法論 (AI, ロボットの活用) について言及されました。今後の研究方向として「最適実験・大規模データ解析を用いた放射光科学の推進」などについてコメントされ、放射光科学の将来に向けた新しい息吹を感じることができました。

同窓会講演会ならではの研究分野の全く異なる 3 件の講演でしたが、参加者もそれぞれの先生方の研究推進に関する熱い強い思いを感じて視聴されたことと思います。講演会にはオンサイトおよびオンラインにて 70 名程度の参加がありました。

懇親会開始時には、2024 年 5 月 27 日 (享年 84) に逝去された KEK 名誉教授 小早川久先生の PF や放射光科学へ

の多大なご貢献について紹介をさせていただきました。懇親会は坂部先生の「乾杯」の発声で始まりました。懇親会会場周辺にポスター掲示した小早川先生の写真や PF 創世記の写真の前では昔を振り返りながらの参加者間での話が弾みました。また、懇親会参加者全員から近況について一言報告していただくことで参加者間での有意義な情報共有の時間にもなり、放射光科学の将来に向けた思いも新たにすることができました。

参考情報

第 3 回フォトンファクトリー同窓会講演会

http://pfwww2.kek.jp/alumni_association_of_pf/news/news20240928.html

講演会プログラム

座長：雨宮 慶幸 副会長

13:10-13:20 挨拶：太田 俊明 会長

講演 1

13:20-13:50 講演：坂部 知平 先生 (KEK)

「私と放射光」

13:50-14:00 質疑応答

講演 2

14:00-14:30 講演：齊藤 芳男 先生 (KEK)

「大型真空装置の開発」

14:30-14:40 質疑応答

14:40-15:10 休憩

講演 3

15:10-15:40 講演：小野 寛太 先生 (大阪大学)

「科学研究の自律化：AI・ロボット時代のサイエンス」

15:40-15:50 質疑応答

15:50-16:00 まとめ：雨宮 慶幸 副会長



懇親会の様子



集合写真

フォトンファクトリー同窓会では今後も今回のような形式での講演会開催を検討したいと考えています。

フォトンファクトリー同窓会は、KEKに関わったすべての方だけでなく、現役のユーザーおよびKEK職員の皆様にも入会していただけます。皆様の積極的な入会を期待いたします。

フォトンファクトリー同窓会
http://pfwww2.kek.jp/alumni_association_of_pf/

PF研究会「放射光顕微分光が切り拓く材料研究のフロンティア」開催報告

放射光実験施設 小澤健一，山下翔平

2000年代以降、材料研究はそれまでのモデル系を用いた物性評価から離れ、材料が利用されるのと同じ形態や状態で評価する方法に大きくシフトしてきた。*in situ* 測定や *operando* 測定はこの流れの中で誕生したものであるが、顕微測定もここで重要な役割を担ってきた。フォトンファクトリーでは、軟X線を利用した顕微分光測定が3本のビームラインで進められている。BL-13Bの顕微X線光電子分光(μ -XPS)と顕微X線吸収分光(μ -XAS)、BL-28Aの顕微角度分解光電子分光(μ -ARPES)、そしてBL-19Aの走査型透過X線顕微鏡(STXM)である。これら3つのビームラインで精力的に研究を進めているユーザーに、成果を発表していただくと同時に、顕微分光測定の現状や課題を多くのユーザーと共有する機会を設けるために、PF研究会「放射光顕微分光が切り拓く材料科学のフロンティア」を、吉信淳教授(東京大学)、佐藤宇史教授(東北大学)、

および小澤と山下で企画し、10月3日(木)、4日(金)にKEKつくばキャンパス4号館セミナーホールとZOOMによるハイブリッドで開催した。講演は、STXMを用いた研究が5件、BL-13Bと28Aでの光電子分光研究がそれぞれ4件ずつの計13件であり、天体物質、海洋物質からトポロジカル絶縁体、超伝導物質まで、多様な物質・材料を測定対象とした化学分野、物理分野の研究結果が紹介された。

初日は、吉信先生からの開会の挨拶に引き続き、小澤からの研究会の趣旨説明とBL-13Bと28Aの顕微光電子分光測定システムの概要説明で幕を開けた。1件目の講演では、BL-19AのSTXMとBL-19BにおけるXAS測定システムの詳細な説明が山下から行われた。続いて、癸生川陽子先生(東京科学大学)による「走査型透過X線顕微鏡(STXM)を用いた地球外物質の有機物分析」と題する研究紹介があり(図1上)、隕石に含まれる有機物の分布や官能基の違いから有機物の起源を推定する内容を紹介していただいた。3件目は栗栖美菜子先生(東京大学)による「STXMを用いた海水中粒子の鉄・炭素化学種分析とその輸送過程の解明」と題する講演であった。海洋中を浮遊している微粒子に付着しているFeやCの化学状態が陸地からの距離に依存しているという情報から、Feの長距離輸送のメカニズムを明らかにすることを旨とした研究の紹介をしていただいた。

4件目以降は顕微光電子分光測定の講演であった。4件目の講演は中山耕輔先生(東北大学)による「放射光顕微ARPESによるTeの一次元エッジ状態観測」であった。BL-28Aで実施した研究であり、一次元トポロジカル絶縁体に特徴的な電子状態が単結晶Te(0001)表面のエッジに形成されていることを見出している。5件目は坂野昌人先生(東京大学)による「ファンデルワールス積層体における電子構造の直接観測」と題する講演で、人為的に作

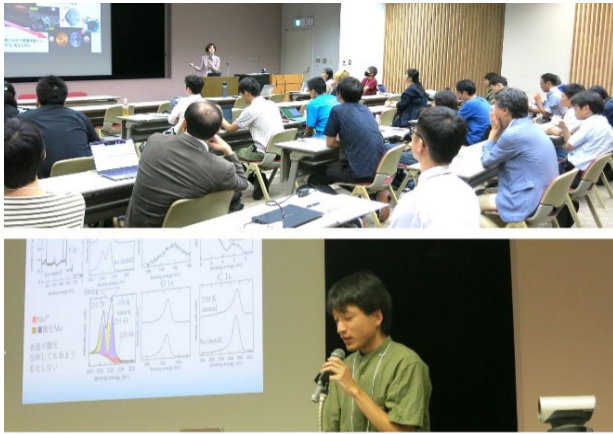


図1 癸生川先生（上）と尾崎さん（下）による講演。

製した 10 μm 程度のサイズのツイスト積層体のバンド構造を BL-28A の $\mu\text{-ARPES}$ により明らかにした研究の紹介であった。6 件目は、今回の研究会では唯一の学生による講演であった（図 1 下）。東大吉信研究室の尾崎文彦さんによる「レーザーカットによって表面調製された MoS_2 エッジ面の化学状態と反応」では、レーザーで切断加工した層状物質 MoS_2 を BL-13B の $\mu\text{-XPS}$ により検証し、断面にある化学活性点の特定とその性質を明らかにする研究が紹介された。初日最後の講演は、中山泰生先生（東京理科大学）による「有機分子結晶試料における光電子分光実験の実情」であった。絶縁性の高い有機分子結晶で価電子バンド分散をきれいに測定するには、バンドギャップを超えるエネルギーを持つレーザーを照射して光励起キャリアを生成させて試料帯電を防ぐことが重要であることが指摘された。

初日の講演後には、研究本館小林ホール前のホワイエで懇親会を開催した。25 名の参加者があり、お酒を酌み交わしながら情報交換をさせていただけたと思う。

研究会二日目は、高橋嘉夫先生（東京大学）による「放射光 X 線を用いたリュウグウ母天体の水環境の復元」で始まった。小惑星リュウグウから持ち帰った岩石試料に含まれるアルカリ金属、アルカリ土類金属の濃度からリュウグウの水環境を推定する研究の一端が紹介された。二日目 2 件目の講演は、平山朋子先生（京都大学）による「トライボロジー現象の理解に向けた軟 X 線 XAFS 応用」であった（図 2）。摩擦現象を原子レベルで理解するために、摩擦摺動面に形成される炭素系トライボフィルムの構造解析を BL-19B での XAFS 測定から進めた研究を紹介していただいた。3 件目は、前島尚行先生（分子科学研究所）による「顕微分光電子分光を用いた $\text{TiO}_2(110)$ 表面に吸着したスターバースト型色素の吸着構造の解析」と題する講演であった。色素増感太陽電池の高効率化を目指して、分子内に π 共役を介して電子受容基と供与基が共存するスターバースト型分子の TiO_2 表面への吸着構造と電子構造の関係を BL-13B の $\mu\text{-XPS}$ で検証した研究の紹介であった。大野真也先生（横浜国立大学）からは「カーボンナノチューブ複合紙の



図2 平山先生によるオンラインでの講演。

二次元光電子分光マッピングと特性評価」と題し、カーボンナノチューブを含んだ和紙で、和紙の主成分であるセルロースの熱分解過程を $\mu\text{-XPS}$ で追跡した研究の紹介があった。大槻太毅先生（京都大学）には「顕微測定を活かした ARPES による籠状物質の電子状態観測」と題して、籠状物質や熱電半金属の $\mu\text{-ARPES}$ からフォノンの情報を得て物性理解につなげる研究を紹介していただいた。研究会最後の講演は、岩澤英明先生（量子科学技術研究開発機構）による「顕微 ARPES による銅酸化物の超伝導ギャップ不均一性の可視化」であった。BL-28A の高い空間分解能（10 μm ）を利用した $\mu\text{-ARPES}$ 測定により、単結晶銅酸化物高温超伝導体の表面で超伝導ギャップの大きさが異なる領域が不均一に分布していることを見出した研究である。

講演された先生方には、顕微測定ならではの難しさや解析の困難さなども織り交ぜて研究紹介をしていただいたため、通常の学会発表等では聞けない情報もあり、顕微分光測定をこれから始めたいという人にとっては貴重な機会になったかと思う。講演を快く引き受けていただいた皆様にも厚くお礼を申し上げます。

今回の PF 研究会では申込者数が 129 名に上り、現地参加していただいた方も 30 名であった。企業からの申込者は 31 名であり、この研究分野あるいは研究手法に対して学術だけでなく産業界からの関心も高いことが窺える申し込み状況であった。参加していただいた皆様にもお礼を申し上げます。

最後に、今回の PF 研究会では現地参加をしてくれた 4 名の学生（尾崎さん、澤田さん、磯部さん、鶴さん）に、会場設営と片付け、受付、タイムキーパーといった運営の手伝いを、放射光科学第二研究系の吉田一貴さんには懇親会の準備を、PF 事務室の高橋さん、加世田さんには研究会のホームページ作成、参加申込みや宿舍手配等の事務手続き等をしていただいた。開催にご協力いただいた皆様にも、この場を借りてお礼を申し上げます。