

第6回核共鳴ワークショップおよび 第15回放射光装置技術国際会議 (SRI2024)

公益財団法人高輝度光科学研究センター
放射光利用研究基盤センター 精密分光推進室
依田 芳卓

1. はじめに

略称 SRI と呼ばれる放射光装置技術国際会議の 15 回目が 2024 年 8 月 26 日から 8 月 30 日の 5 日間に渡りハンブルグで開催された。また SRI2024 のサテライト会合として第 6 回核共鳴ワークショップが 8 月 24 日から 8 月 26 日の 3 日間、ハンブルグの DESY で開催された。このワークショップで核共鳴とっているのは核共鳴散乱のことで、原子核の共鳴準位による X 線の散乱を指す。エネルギー幅が通常、neV から μeV 程度と非常に狭く、この特徴を活かしてダイナミクスや局所的な電子状態の研究に利用されている。

筆者は 2 つの会合とも出席したので、その様子を報告したい。特に SRI2024 については核共鳴散乱関係の発表を中心に紹介する。

2. 第6回核共鳴ワークショップ

第 6 回を迎えた核共鳴ワークショップはもともと核共鳴非弾性散乱ワークショップとして 1997 年にアメリカの APS ではじめて開催された。日本の SPring-8 でも第 3 回ワークショップを 2007 年に開催している。不定期ではあるが、おおよそ 5 年おきに開催されていたが、コロナ禍もあり前回 2015 年の開催から今回、9 年ぶりの開催となった。

このワークショップは核共鳴散乱そのもの、もしくは核共鳴散乱を利用した手法に焦点を当てており、利用成果の報告というよりは、新しい技術開発や手法開拓、その根幹となる技術の進展に関する発表が中心となっている。途中オンライン形式でのワークショップはあったが、対面での開催は久しぶりであり再会を喜ぶ姿がいたるところで見られた。

DESY 内、FLASH seminar room が会場であった。

初日に地図を頼りに会場に向かっていると、California Institute of Technology の Sturhahn 氏に出会い再会を喜んだが、入口が分からなくてウロウロしているという。昔 DESY に居たんじゃない？と尋ねるとあの頃はこの辺りは草ぼうぼうだったという。確かに今年は DESY60 周年とのこと。近年でも FLASH や European XFEL などの新施設やそれに伴う新しい建物ができ、進化し続ける DESY を印象付けている。

ワークショップの初日は午後から始まり、SRI の議長のひとり DESY の Weckert 氏の挨拶の後、核共鳴散乱実験がおこなえるビームラインからの報告が続いた。発表者は DESY の Sergeev 氏、ESRF の Chumakov 氏、APS の Zhao 氏、Hu 氏、SPring-8 からは本著者である Yoda 氏、HEPS の Xu 氏であった。また第 4 世代放射光である PETRA IV に関して DESY の Wille 氏から、European XFEL に関して DESY の Leupold 氏、Röhlsberger 氏の発表があった。ESRF では低エミッタンス化に伴い、核共鳴散乱用ビームラインを新設したが、これまでの知恵をすべて詰め込んだというビームラインは 2 つの光学ハッチと 4 つの実験ハッチから成り、スペースの確保に苦労している我々としてはうらやましい限りであった。もちろん性能も高く、高分解能モノクロメータと FeBO_3 単結晶による反射を加えた光学系では世界最小の集光ビームが実現されており、ビームタイムの 90% が Fe-57 を利用した実験であることが報告された。APS と HEPS では第 4 世代放射光のコミッションングが順調に進んでおり、特に APS では 50 pm.rad を超える低エミッタンスが確認されたとの報告があった。

初日の晩と 2 日目のお昼はセミナー室に隣接するテラスでの食事となった。穏やかな風が抜ける、これぞヨーロッパの夏といった心地良いひと時であった。



図1 第6回核共鳴ワークショップの様子

2日目は核共鳴散乱を利用した新手法、ソフトウェア開発、検出器、光学系に関するセッションが開かれた。特に岡山大学の Yoshimi 氏がおこなった超精密時計に関わる Th-229 励起に関する発表、東北大学の Saito 氏がおこなった高速2次元検出器 CITIUS によるエネルギー領域での準弾性散乱測定は、新規性という点で非常に注目を集めていたようにみえた。

ワークショップ最終日は滞在しているアルトナ駅近くのホテルから歩いて DESY に向かった。バス通りから何本か入った道は住宅街の中を通り、ドイツらしい街並みの朝の散歩を1時間ほど楽しむことができた。しかしこれまで利用していた門とは違う正門に着き、seminar room までどうやって行ったものかと iPhone をいじっていると、APS の Toellner 氏が一緒に行こうと声をかけてくれた。これまで1対1で話したことはほとんどなかったが、20分ほどの間お互いの発表の非常に細かいことを聞いたり、聞かれたりして、対面での会合の良さをあらためて実感することができた。

最終日は加速器のセッションで DESY から Agapov 氏、APS から Emery 氏、ESRF から Revol 氏、Roche 氏、SPring-8 からは Masaki 氏といった加速器の専門家の方々が発表をおこなった。特に核共鳴散乱はバンチモードを利用する実験が多く、第4世代放射光で実現されるバンチモードやバンチ純度に関して非常に興味深い発表があった。

3. 第15回放射光装置技術国際会議

CCH と呼ばれるハンブルグ国際会議場の SRI 会場



図2 Best scientific image contest に選ばれた核共鳴散乱スペクトル

に入ると、Best scientific image contest と称して、科学が関係する美しいイメージの数々が展示されていた。その中で案内板のすぐ横に見たことのある画像を見つけて驚いた(図2)。横軸は neV、縦軸は nsec のオーダーの核共鳴散乱の時間スペクトルの等高線図である。有名なヤングの実験では距離の位相差により干渉が生まれるが、この画像では振動数の差により干渉が生まれており、量子ビートと呼ばれている。A comb for quantum states とタイトルがつけられ、詳細な説明書きが添えられていた。さすが、量子論の父と呼ばれるマックス・プランクを産んだドイツであると感じた。

発表初日の Plenary Lecture 3 としてアルゴンヌ国立研究所の Shvyd'ko 氏が“Scandium-45 Nuclear-Clock Isomer Driven by X-ray Laser”というタイトルで発表をおこなった。原子核時計とは原子核の中でも特にエネルギー幅の狭い核種を利用した、これまでの原子時計をしのぐ超精密時計である。もし実現すればダークマターの探索、物理定数の恒常性の検証(物理定数は本当に定数なのか)、測地学などに利用できると提案されている。話は前後するが、後日エルベ川沿いの時計塔(図3)を見た時に、あれっこれどこかで見たと即座に感じた。確か Shvyd'ko 氏は発表のタイトルページに時間を象徴するものとして、ハンブル



図3 聖ミハエル教会の時計塔

グのランドマークである聖ミハエル教会の時計塔を映していたのではないだろうか。発表は European XFEL を利用して Sc-45 の 12.4 keV 準位の励起に初めて成功したというものであった。エネルギー幅 ΔE は 1.4 feV で、 $E/\Delta E$ で定義される Q 値は $\sim 10^{10}$ にも及ぶ。他の原子核時計の候補として SPring-8 でも岡山大学のグループがその準位の特性を調べ、多くの成果を出している。Th-229 があるが、今年世界中で VUV レーザによる励起に立て続けに成功している。2023-2024 年は原子核時計元年として記憶されるだろう。

会議場のまわりには美しい公園が広がっており、市民らしき人がくつろぐ姿は絵画にでも出てきそうな風景であった (図4)。もちろん私にとっても快適な気候と相まって、良い気分転換になっていた。

最終日には Keynote Lecture 3 としてマックスプランク研究所の DeBeer 氏が“Catching Catalysts in Action”というタイトルで講演をおこなった (図5)。DeBeer 氏のグループは SPring-8 も利用しており、彼女自身は実験で来所されたことはないが、いつも実験に関するやり取りの際には cc に入っていた。今回せ



図4 CCH 周辺の公園の様子



図5 SRI2024 での DeBeer 氏の発表の様子

っかくなので、直接会ってデータについて相談したいと連絡があり、APS の Hu 氏と 3 人で coffee Break 中に 30 分ほど議論することができた。発表はおもにメタンをメタノールに変換する酵素、メタンモノオキシナーゼに関するもので、その反応の中間状態をさまざまな手法を駆使して解き明かしているというものであった。近年、二酸化炭素と水素からメタンを生成するメタネーションが注目されているが、その反応の先をいくものである。彼女のグループは SPring-8 では水素を酸化還元するヒドロゲナーゼ、窒素とアンモニアの間を触媒するニトロゲナーゼを核共鳴散乱を利用して研究しており、メタンモノオキシナーゼの核共鳴散乱スペクトルに関しては Stanford のグループが SPring-8 で取得した結果を紹介していた。

4. 終わりに

今回、第4世代放射光が光を放ち始めた黎明期でもあり、多くの興味深い発表や活発な議論がおこなわれていた。またサテライトワークショップ、SRI 本会議ともコロナ禍明けの最初の会合であり、再会を喜ぶ姿がワークショップでも SRI 初日の welcome party でもいたるところでみられた。テレワークのデメリットのひとつとして信頼関係の構築が難しいことが挙げられているが、今回対面により多くの信頼関係が築けたと思ったのは私だけではないと思う。

依田 芳卓 YODA Yoshitaka

(公財) 高輝度光科学研究センター
放射光利用研究基盤センター 精密分光推進室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0803 ext. 3939
e-mail : yoda@spring8.or.jp