

■会議報告

第14回日本放射光学会若手研究会「次世代放射光で切り拓く軟X線科学」報告

鈴木博人 (東北大学 学際科学フロンティア研究所)
 堀尾眞史 (東京大学 物性研究所)
 山添康介 (高輝度光科学研究センター)
 宮脇 淳 (量子科学技術研究開発機構)

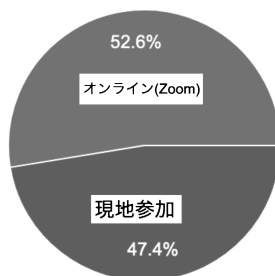
次世代高輝度放射光施設（ナノテラス）の建設が東北大学青葉山キャンパスにおいて順調に進行し、2024年4月の供用開始が間近に迫っています。各ユーザーが次世代放射光施設の先端性を活用した研究計画を立てる上で、個別のニーズに即したより詳細な情報を得、装置担当者と議論する機会が求められています。本若手研究会は、若手ユーザーが次世代放射光施設で展開を目指す軟X線を用いたサイエンスについて発表・議論する場を創出するとともに、次世代放射光ビームラインのより具体的な情報に触れる機会を提供することを意図し、開催されました。

研究会は2022年9月1日（木）、2日（金）の2日間にわたり東北大学さくらホールおよび zoom のハイブリッド開催として行われました。日本放射光学会の主催の下、4団体（量子科学技術研究開発機構 次世代放射光施設整備開発センター/東北大学 学際科学フロンティア研究所/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/一般財団法人 光科学イノベーションセンター）の共催として開催されました。コロナウイルスの蔓延以降、放射光学会若手研究会をオンサイト開催を含む形で再開するのは初めてであり、感染対策等手探りの運営となりました。しかしながらオンサイト・オンライン参加合計116名（図1）の方にご参加いただき、次世代放射光への大きな期待が現れる結果となりました。またオンサイト・オンライン参加の割合はおおよそ半々であり（図1）、ハイブリッド開催のメリットを生かすことができましたと言えます。オンライン参加者には海外の研究機関に所属される参加者も多く、国境を越え最先端の話題を交換する機会とすることができました（図2）。ここに主催・共催をいただきました団体の皆様、講演者と参加者の皆様、研究会の準備や運営にご協力いただいたメンバー、ならびに放射光学会事務局の皆様にご心より感謝申し上げます。

表1に研究会のプログラムを示します。本研究会では量子物質・原子分子科学・機能性材料を含む幅広い系を対象としたセッションを設けました。セッション内に複数の放射光分光法の発表を取り入れることで、分光手法を横断した放射光共同研究の形成を目指しました。また大学院生間

ご希望の参加方法をお選び下さい。

116件の回答



発表の方法

116件の回答

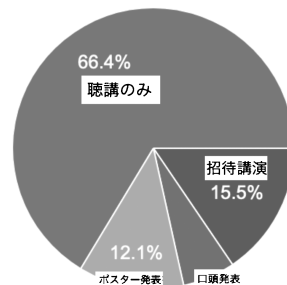


図1 参加方法と発表方法の内訳。



図2 オンサイト・オンライン参加者の集合写真。

表1 若手研究会のプログラム。

<p>1日目：9月1日（木） 13:00～18:00</p> <p>13:00～13:10 鈴木博人（東北大）「趣旨説明」</p> <p>13:10～13:30 次世代放射光施設 軟X線ビームライン 宮脇淳（QST）「ナノテラスの軟X線ビームラインの紹介」</p> <p>13:30～16:30 セッション1：強相関物質の軟X線分光（座長：鈴木） 中田勝（兵庫県立大）「一軸性圧力下の銅酸化物高温超伝導体の共鳴軟X線散乱実験」 岡本淳（NSRRC）「3-GeV放射光施設 Taiwan Photon Source での高分解能共鳴非弾性軟X線散乱研究」 山地洋平（物材機構）「数値解析と分光測定による高温超伝導および自己エネルギーの解析」 休憩（14:30～14:50） 高橋拓豊（University of Oxford）「K_2RuCl_6における非磁性 $J=0$ とスピン軌道励起の RIXS 観測」 播木敦（大阪公立大）「LDA+DMFT法を用いた強相関物質の共鳴非弾性X線散乱の理論」 坂本祥哉（東大物性研）「カイラル反強磁性体 Mn_3Sn 薄膜における自発的X線磁気円二色性」 村井直樹（J-PARC）「非弾性X線散乱を用いた鉄系超伝導体 FeSe のフォノン分光」 高橋良拓（大阪公立大）「Fe_2O_3 の Fe L_3 端高分解能共鳴非弾性X線散乱」</p> <p>16:30～16:40 写真撮影</p> <p>16:40～18:00 ポスターセッション</p> <p>2日目：9月2日（金）9:00～17:00</p> <p>9:00～10:40 セッション2：トポロジカル物質・2次元物質のナノ・マイクロ分光（座長：堀尾） 北村未歩（KEK）「KEK-PF BL-28AにおけるマイクロARPESシステムの開発」 坂野昌人（東大工）「顕微角度分解光電子分光を用いた原子層フレークの電子状態観測」 中山耕輔（東北大）「カゴメ超伝導体のマイクロARPES」 野口亮（Caltech）「Nano-ARPESで観測する弱いトポロジカル絶縁体の側面電子構造」 守谷歩美（東北大）「マイクロARPESによるBiの局所電子状態解析」 休憩（10:40～11:00）</p> <p>11:00～11:40 セッション3：軟X線回折・イメージング（座長：宮脇） 江川悟（理研）「超短パルス軟X線レーザーによる結像イメージング」 石井祐太（東北大）「Inline Holographyを用いた軟X線光渦の観測」</p> <p>11:40～13:00 昼食</p> <p>13:00～14:40 セッション4：機能性材料科学・原子分子科学における軟X線分光（座長：山添） 唐佳藝（兵庫県立大）「Pd系触媒で水素吸着・吸蔵過程の in-situ 観察」 倉橋直也（東大物性研）「分子科学のための軟X線発光角度異方性測定の開拓」 徳島高（MAX-IV）「In aqua Veritas? – Current status of Veritas, a RIXS beamline in MAX IV」 堀川裕加（山口大）「軟X線発光分光による酢酸/1-メチルイミダゾール混合液の観測」 原野貴幸（日本製鐵）「走査型透過X線顕微鏡で見る材料中の化学構造の不均一性」</p>

のネットワーク形成に資するため、各セッションには学生発表枠を設けるとともに、1日目の夕方にはポスターセッションを開催しました。

また、2日目の午後、研究会の最後に次世代放射光の見学会を行いました。以下時系列に沿って研究会の様子を振り返りたいと思います。

世話人から上述の本若手研究会の趣旨説明を行った後、宮脇淳 (QST) 氏よりナノテラスで初期に開発される10本のビームラインの紹介がありました。ナノテラスが生成する放射光のスペクトル特性や放射光の運営体制についての説明の後、研究会のフォーカスである軟X線領域のビームライン (7本) の計画が紹介されました。

研究会の初めのセッションとして「強相関物質の軟X線分光」を設けました。ナノテラスで新規に建設される超高分解能共鳴非弾性X線散乱 (RIXS) 装置及びX線磁気円二色性 (XMCD) 装置の利活用を視野に、国内外の放射光施設で行われた遷移金属化合物の研究例が紹介されました。中田勝 (兵庫県立大) 氏の講演は都合によりキャンセルとなりましたが、欧州 ESRF 及びドイツ BESSY を用いた銅酸化物高温超伝導体の1軸圧力下のX線散乱研究が予稿を通じて紹介されました。岡本淳 (NSRRC) 氏は台湾 Taiwan Photon Source 41A における軟X線 RIXS 装置の現状と銅酸化物の高分解能 RIXS の研究例を紹介されました。山地洋平 (物材機構) 氏は機械学習と分光測定データを組み合わせた高温超伝導における自己エネルギーの解析について講演されました。高橋拓豊 (University of Oxford) 氏はドイツ PETRA III におけるテンドー X 線 RIXS 装置を用い、 K_2RuCl_6 の非磁性 $J=0$ 基底状態とスピン軌道励起を観測した研究について紹介されました。播木敦 (大阪公立大) 氏は LDA+DMFT 法を用いた強相関物質における RIXS スペクトルの計算法と、その遷移金属酸化物及び f 電子系化合物に対する適用例について講演されました。坂本祥哉 (東大物性研) 氏はカイラル反強磁性体 Mn_3Sn 薄膜における X 線磁気円二色性の観測について講演されました。XMCD は強磁性体のスピン及び軌道磁気モーメントの元素選択的観測法として確立していますが、その強磁性体に限らない適用例が示されました。村井直樹 (J-PARC) 氏は非弾性 X 線散乱 (IXS) を用いた鉄系高温超伝導体 FeSe のフォノン分散の測定結果、および密度汎関数摂動理論を用いた第一原理フォノン計算の結果との詳細な比較について講演されました。高橋良拓 (大阪公立大) 氏は米国 NSRRC で測定されたヘマタイト Fe_2O_3 の高分解能 RIXS で測定された磁気励起スペクトルが高次のスピン励起として記述できることについて講演されました。

初日の夕方にポスターセッションを開催しました (図3)。ポスター発表者には大学院生が多く、コロナ禍では貴重な面前での発表の機会となりました。またナノテラスでの装置担当者に多くポスターを掲示いただき、将来のユー



図3 ポスターセッションの様子。

ザーとの意見交換が為される様子が見られました。また異なる手法を専門とする研究者間での新たな共同研究の可能性についての会話が見られました。

2日目午前に「トポロジカル物質・2次元物質のナノ・マイクロ分光」のセッションを設けました。本セッションはナノテラスで開発されるナノ光電子分光装置の利活用を高めることを意図し開催されました。北村未歩 (KEK) 氏は Photon Factory BL28 で開発されたマイクロ ARPES 装置の詳細・運転状況について講演されました。坂野昌人 (東大工) 氏は顕微角度分解光電子分光法を用いた原子層フレーク試料の電子状態観測について紹介されました。中山耕輔 (東北大) 氏はカゴメ格子バナジウム化合物超伝導体のマイクロ ARPES の結果について紹介されました。野口亮 (Caltech) 氏は英国 Diamond Light Source およびイタリア Elettra における nanoARPES 装置を用い、弱いトポロジカル絶縁体における側面の電子状態を選択的に測定した研究を紹介されました。守谷歩美 (東北大) 氏はマイクロ ARPES を用いて Bi の微小領域に局在する電子構造を測定した研究について講演されました。

3つ目のセッションとして「軟X線回折・イメージング」を設けました。これはナノテラスで開発されるイメージングのビームラインの利活用を想定してのものです。江川悟 (理研) 氏は軟X線自由電子レーザー SACLA BL1

を用いた結像顕微鏡について紹介されました。石井祐太（東北大）氏は Inline holography を用いた軟 X 線光渦の観測手法について紹介されました。

2 日目の午後に、「機性能材料科学・原子分子科学における軟 X 線分光」のセッションを設けました。ナノテラスで開発される Ambient pressure XPS, RIXS, および STXM のビームラインの上記分野での利用を想定して設けられました。唐佳藝（兵庫県立大）氏は SPring-8 における Ambient Pressure XPS 装置を利用し Pd 系触媒における水素吸着・吸蔵過程の in-situ 観察例を紹介されました。倉橋直也（東大物性研）氏は気相分子を対象とした軟 X 線発光角度異方性の測定について講演されました。徳島高（MAX-IV）氏は MAX-IV における高分解能軟 XX 線 RIXS ビームライン Veritas の開発状況について紹介されました。堀川裕加（山口大）氏は軟 X 線発光分光を用いた酢酸/1-メチルイミダゾール混合液中における分子の電子状態について講演されました。原野貴幸（日本製鐵）氏は操作型 X 線顕微鏡を用いたポリマーアロイ・炭素繊維中の化学元素イメージングの研究例について講演されました。

研究会の最後に、次世代放射光の見学会を開催しました。急ピッチで現在進行中の建設現場であるナノテラスへの入場・見学会開催にあたり、共催を頂きました3団体（PhoSIC, SRIS, QST）の多大なるご協力をいただきました。この場をお借りして深く御礼申し上げます。さくらホールからナノテラスまでは貸切バスで移動し、30名ほどの参加者がありました。現地では参加者が4グループに分かれ、ナノテラスを順に1周する形で見学が行われました（図4）。実験ホールを進みながら建設中のエンドステーションに関する説明を受けました。また、実験ホールのみならず建設中の加速器の見学も行うことができ、普段お目にかかることの少ない放射光の基盤技術について理解を深める機会とすることができました。

本研究会は放射光学会若手研究会としては初めてハイブリッド開催として運営されました。世話人側で事前準備にかなり手間取ったことと、今後同様の形式で放射光関連のハイブリッド研究会が開催されることが増えると考えられますので、音響設備の構成と感染対策について体験をまとめておきます。まず音響設備はさくらホール常設の会場の音響システムと運営者側で準備したスピーカーシステム（YAMAHA 製）を併用することで行いました。会場の音響システムへの入力系統の一つに不具合があったこともあり、オンサイト・オンライン全ての発表をハイブリッド開催用の zoom 会場に参加した状態で画面共有を行い、マスター PC の画面を全画面表示で会場に投影するという方法をとりました。オンサイト発表者の発表も一旦 zoom を介して表示することになりますが、幸いさくらホールのインターネット環境（eduroam）が安定しており表示上の遅延なく研究会の全ての発表を遂行することができました。こ



図4 次世代放射光見学会の様子。

の方法ではオンサイト・オフライン発表の際の会場プロジェクトへの入力源の切り替えを行う必要がなく、発表者にご自身のラップトップをご使用いただけるというメリットがある一方、インターネット接続が不安定になってしまった場合にオンサイトのみでの進行にも支障が出るという点で運営上のリスクは高いのが難点です。また発表者の音声を含む会場のすべての音声は YAMAHA で拾い、zoom のオンラインからの音声信号も YAMAHA で出力しました。本来であればさくらホール会場の音響システムから zoom からの音声信号を出力したいところでしたが、当日の会場システムへの接続トラブルで断念せざるを得ませんでした。

感染対策については基本的にさくらホールのガイドラインに従った感染対策計画を世話人で作成し、東北大学の感染対策レベルの変更に応じて変化したため数回修正を行いました。オンサイト参加者（さくらホール通常定数の半分である70名）にはマスクの着用をお願いし、研究会当日来場前に体温の測定をお願いしました。また厚生労働省新型コロナウイルス接触確認アプリ（COCOA）のインストール・手指の消毒にご協力いただきました。また換気のため会場の窓及び出入口を全開にし、当日はドアノブや発表の机などのアルコール消毒を実施しました。食事中の会話を避けるため、研究会中の飲食物の提供は熱中症対策のペットボトル飲料の提供のみとしました。また印刷した予稿集の配布は行わず、各自研究会 Web サイトから pdf のダウ

ンロードをお願いしました。このような制限の中での開催となりましたが、幸い開催後の参加者間での感染の広がりはなく研究会を終えることができました。これは研究会直前に数名の方から体調不良及び感染の疑いのため現地参加キャンセルの連絡をいただいております、参加者の皆様に感染対策にご協力いただいた結果です。一步間違えればクラスター発生の可能性があったと思われ、緻密な事前計画が不可欠だと身を持って感じています。一方予稿集の配布や飲食物の提供を簡素化したおかげで、当日の運営上の手間はそれほど増えずに済みました。

以上のように手探りのハイブリッド開催となりましたが、仙台の地でナノテラスが可能にする軟 X 線科学について議論し、実際にナノテラス完成を肌で感じ、参加者間の交流を深める有意義な機会とすることができました。近い将来にナノテラスでの実験データを持ち寄り、議論できる日がますます楽しみです。講演者・参加者の皆様、放射光施設見学にご協力いただいた皆様、放射光学会事務局の皆様に深く御礼申し上げます。