

## ■会議報告

# 第13回日本放射光学会若手研究会 「先端的レーザー分光測定技術の進化とその応用」報告

黒田健太 (広島大学先進理工系科学研究科)  
本山央人 (東京大学理学系研究科)  
山本航平 (分子科学研究所)

第13回日本放射光学会若手研究会「先端的レーザー分光測定技術の進化とその応用」を2021年12月15日(水)・16日(木)の二日間開催いたしました。本研究会は、放射光とレーザーの「二刀流」を使いこなす研究者像を理想として掲げて企画されました。これまでにレーザーに関する話題を取り上げた放射光学会若手研究会が幾つか開催されましたが、本研究会の特色は、レーザーに馴染のない放射光学会員であっても先端レーザー科学の知見を吸収できる場となるように、技術に関する原理・基礎から先端の研究応用まで触れる1時間の講演で構成されていることです。また、アト秒科学を筆頭に普段の放射光学会では耳にすることのない話題を選んだことも重要な特色の1つです。X線自由電子レーザー(XFEL)が登場してからレーザーに関する話題を放射光学会で知れるようになりましたが、テーブルトップ型の実験室レーザー光源の進化も同様に凄まじく革新的な手法が次々と編みだされ多様化しています。本研究会では、この勢いを感じられるようにXFELだけでなく実験室レーザー光源にも焦点を当て企画しました。

前回の若手研究会に次いで、本研究会も新型コロナウイルス感染拡大防止のためにオンライン開催としました。対面できなかったことは残念であるものの、レーザー科学の最前線で大活躍されている多くの先生に講演者としてご参加頂ける贅沢な機会となりました。このような方々が一堂に会することは、対面だとおそらく不可能であったと思います。大学、公的研究機関、企業から計62名の方々に参加登録を頂きました(図1)。そのうち、学生(学部生と大学院生)はおおよそ30%を占め、次いで大学教員、研究機関の研究員の順に参加がありました。

本研究会のプログラムを表1に示します。【革新的光源XFELの魅力】で始まり、続く【強光電場による非線形効果と固体・分子科学への応用】と二日目の【短パルス光と顕微分光を組み合わせたナノスケール超高速イメージング】を通して、超短パルス性・高強度・高コヒーレンス性というレーザーの利点がXFELと実験室光源でどう役立てられるかについて「XFEL」「非線形効果」「イメージング」をキーワードにして注目しました。また、【海外XFELを使う/働く】では、海外でご活躍されている先生

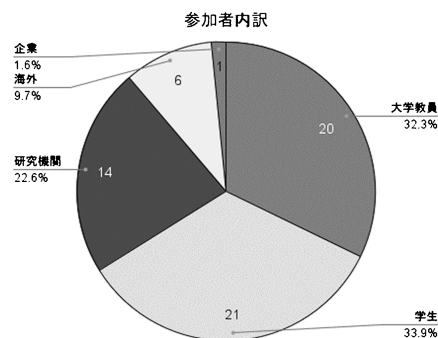


図1 参加者数と内訳

もお呼びして海外XFELの雰囲気を知れる機会も企画しました。講演者と聴講者の間にある空間的な分離を超えて研究会を開催できるこの点も、オンライン開催の利点であると言えます。

初日に行われた【革新的光源XFELの魅力】のセッションでは、レーザーの利点を備えたX線領域の光源としてどのような研究が行われているかを紹介して頂きました。久保田雄也先生(理研)のご講演では、XFELの発生原理やSACLAに関する解説から始まり、超短パルス性を活かした軟X線非線形光学現象や超高速ダイナミクスなど先生が行われている最先端の研究について網羅した話題提供を頂きました。木村隆志先生(東大物性研)は、SACLAを光源とするコヒーレント回折イメージングを利用した研究に加えて、機械学習を取り入れた新たな位相回復計算手法の重要性に関する紹介もありました。また、マイクロ流路型溶液試料ホルダ開発などシングルパルス測定 of 困難を乗り越える工夫をお話して頂きました。江川悟先生(理研)からは、ウォルターミラーの開発・評価とそれを利用した軟X線結像イメージングを紹介して頂きました。また、マンドレルの作製・評価や電鍍法などミラーの加工に関する技術についても学べる貴重な機会となりました。【強光電場による非線形効果と固体・分子科学への応用】のセッションでは、非線形現象をキーワードにして実験室レーザー光源を利用した研究を紹介頂きました。松永隆佑先生(東大物性研)からは、トポロジカル物質は放射光を用いて広く研究されていますが、得られた知見がどの

表1 プログラム

12月15日(水)		
9:50~10:00	はじめに	黒田健太(世話人代表)
【革新的光源 XFEL の魅力】		
10:00~11:00	「SACLA における物性研究の現状と今後の展望」	久保田雄也(理研)
11:00~12:00	「X線自由電子レーザーのフェムト秒シングルパルスを活用した顕微イメージング技術の開発」	木村隆志(東大物性研)
13:15~14:15	「SXFEL とウォルターミラーによる軟X線結像イメージング」	江川 悟(理研)
【強光電場による非線形効果と固体・分子科学への応用】		
14:30~15:30	「3次元トポロジカル半金属におけるテラヘルツ高速エレクトロニクス・スピントロニクス」	松永隆佑(東大物性研)
15:30~16:30	「固体表面における分子吸着種のコヒーレンス非線形分光」	杉本敏樹(分子研)
16:30~17:30	「アト秒干渉光学系を用いた副殻電子の過渡複素応答計測」	増子拓紀(東大理)
【海外 XFEL を使う/働く】		
18:00~18:50	「日本国内外の XFEL を利用した X 線吸収分光実験」	上村洋平(European XFEL)
12月16日(木)		
【サテライトセッション】		
10:00~10:20	「SACLA における軟 X 線 FEL 集光装置開発」	本山央人(東大理)
10:20~10:40	「軟 X 線自由電子レーザーで拓く最先端のレーザー加工」	坂上和之(東大工)
10:40~11:00	「自由電子レーザー SACLA を用いた時間分解 X 線回折による BaAs <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> における超高速格子ダイナミクスの観測」	鈴木 剛(東大物性研)
11:00~11:20	「SACLA で見る強磁性金属薄膜の光誘起磁気ダイナミクス」	山本航平(分子研)
11:20~11:40	「磁区構造の軟 X 線回折図形に対する TV-L <sub>2</sub> 正則化位相回復法」	横山優一(JASRI)
11:40~12:00	「軟 X 線自由電子レーザーを用いた時間分解内殻吸収分光—EuNi <sub>2</sub> (Si <sub>0.21</sub> Ge <sub>0.79</sub> ) <sub>2</sub> の光誘起価数転移の観測—」	山神光平(OIST)
【短パルス光と顕微分光を組み合わせたナノスケール超高速イメージング】		
13:00~14:00	「超短パルス光による超高速イメージングと放射光応用への期待」	中川桂一(東大工)
14:00~15:00	「先端的光源と走査トンネル顕微鏡の融合による極微分光」	今田 裕(理研)
15:00~16:00	「超高速時間分解電子顕微鏡で見る機能性ナノ材料のダイナミクス」	下志万貴博(理研)

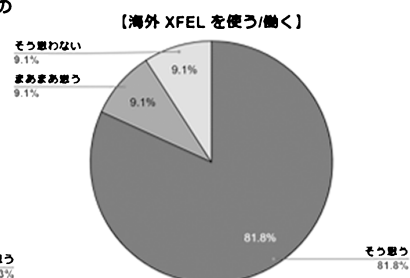
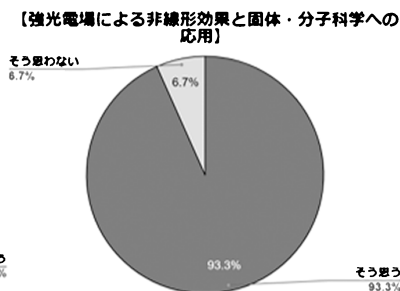
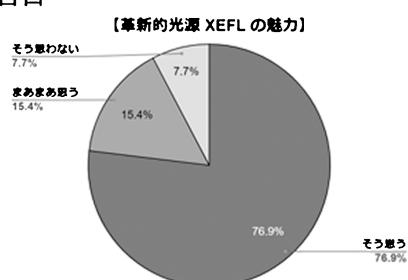
ように非線形現象やテラヘルツ分光に繋がり得るかについて触れて頂き、本研究会で目指した放射光とレーザーの「二刀流」に重要な視点を示して頂きました。杉本敏樹先生(分子研)からは、和周波発生と位相情報まで抽出できるヘテロダイン検出法を組み合わせた実験手法について紹介頂きました。15分ほどネットワークトラブルで講演を

開始できないトラブルがあったものの、杉本先生のお人柄が現れるユニークな場繋ぎもありつつ、水分子配向構造やダイナミクスについて楽しく学ばせて頂きました。増子拓紀先生(東大理)にはアト秒科学を切り開く光学系について詳しく紹介して頂きました。放射光と異分野であるため所々で難しさを感じることもありましたが、質問に対する非常に丁寧な解説があり先端レーザー技術を学ぶ刺激的な場を作って頂きました。【海外 XFEL を使う/働く】のセッションでは、オンライン開催という利点を活かして European XFEL でご活躍されている上村洋平先生にご講演頂きました。具体的な実験データを見せて頂きながら海外 XFEL の違いに触れて頂きました。また研究だけでなく、価値観や運営方法の特色など普段の研究会では聞けない施設内側からの貴重な情報や視点をご提供頂きました。

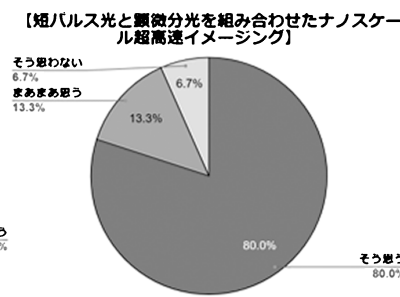
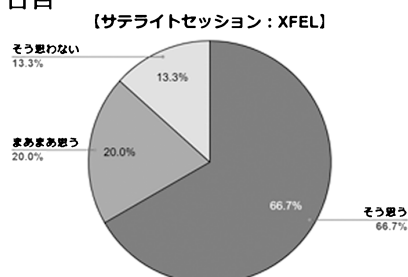
2日目の【サテライトセッション】では、一般募集から XFEL に関する6件のご講演(20分)がありました。ミラー集光技術や時間分解ダイナミクス測定などの話題に加え、SACLA を使ったレーザー加工の話がありました。レーザー加工に関するご講演に対して、増子先生が質問されていたことが印象的で、レーザー加工とアト秒科学の繋がりを伺える瞬間でした。【短パルス光と顕微分光を組み合わせたナノスケール超高速イメージング】では、主に実験室レーザーを用いた顕微技術の技術についてご紹介頂きました。中川桂一先生(東大工)からは、STAMP (Sequentially Timed All-optical Mapping Photography) と呼ばれる可視・近赤外光を用いた超高速イメージング技術についてご紹介頂きました。時間分散した光の色で時間と空間をつなげる発想について、他の光イメージング技術と比較しながら大変わかりやすくお話し頂きました。今田裕先生(理研)は、STM と光の分光技術を組み合わせた光 STM についてご紹介頂きました。発光分光やラマン分光など光を使った測定技術を STM と組み合わせることで、ナノスケールの電子・光学・振動特性を調べた最新の研究についてお話し頂きました。下志万貴博先生(理研)からは、超短パルスレーザーによるポンプ・プローブ法と透過型電子顕微鏡を組み合わせた測定技術をお話し頂きました。光で駆動される物質内の音波や磁気スキルミオンの姿が見事に映し出されており、おそらく多くの参加者が超高速科学における直接可視化の凄みを実感したかと思います。

聴講者へのアンケート結果(図2:回答者数18名)から研究会を振り返りたいと思います。まず、「取り上げた話題」「1時間の講演スタイル」に関する参加者の反応について紹介します。「取り上げた話題」について興味を引く内容であったか? と伺ったところ、どの話題についても90%以上の方が「そう思う」「まあまあ思う」とポジティブに受け取って頂きました。また、「1時間の講演スタイル」についても「不都合を感じなかった」「あまり不都合を感じなかった」という意見がほとんどという結果です。さらに、アンケートで回収したコメント欄には「途中

1日目



2日目



全般

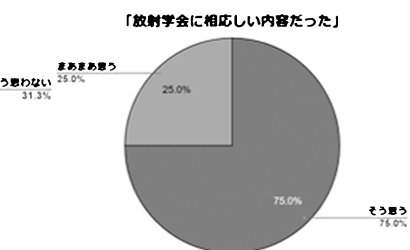
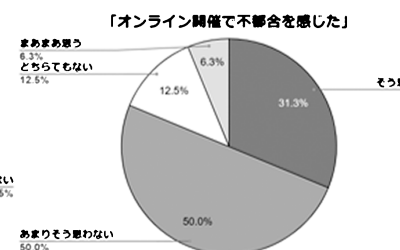
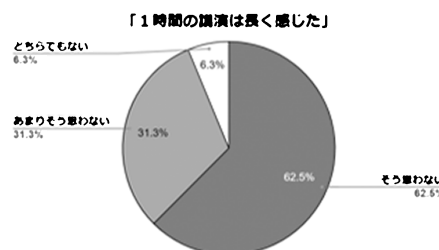


図2 アンケート結果

で質問が入るディスカッション形式がうまく機能してとても良かった」「初歩的な話から聞いて大変よかった」などの反応もいただきました。研究会を企画する上で、非線形光学効果、アト秒など放射光分野から少し離れたテーマを選定することに若干の不安がありましたが、基礎の部分から講演頂けるように講演時間を1時間と長く設定したこと、その場で聴講者の疑問を解消できるように講演中に質問を受け付ける形式を採用したことなど、企画において工夫を施した点がうまく機能したことを表す反応を頂けたかと思えます。続いて「オンライン開催の是非」について意見を求めたところ、「不都合を感じない」「あまり不都合を感じない」のポジティブな意見ばかりでした。おそらく、海外で活躍されている先生に講演頂けたこと、日本を代表してご活躍されている先生方を一堂に会して開催できる贅沢など、本研究会で活かしたオンライン開催の利点を実感して頂いたのだと思います。オンライン開催について前向きな見方がある一方で、コメント欄には「ハイブリッド開催」の要望が多くあったことから、講演者・聴講者からの多様な意見に対応できる研究会形式・開催手法の構築を積極的に挑戦するべきなのだと感じました。その他、寄せられたご意見をここで紹介します。

- すべての講演のレベルが非常に高く、勉強になりました。若手でこれほどの成果を出していることに感嘆しましたが、一方で、今の若手はこのレベルが基準になっているという大変さも感じました。講演中に質疑応答を受け付ける方法もよかったと思います。
- 放射光ユーザーには馴染みのないレーザーや可視光イメージングの話をわかりやすくしていただき勉強になりました。
- XFELのユーザー以外も集まり、活発な議論が行われていた。
- 発表中に質問者が割り込む形式は初めて聞いたが、この方法だと疑問に思ったことがそのタイミングで聞けるのでいい形式だと思った。
- 途中で質問が入るディスカッション形式が、想像していたよりもうまく機能して、とても良かった。他の研究会等でも取り入れてみたいと思った。
- アト秒やテラヘルツ非線形分光など普段放射光学会では聞けない話がきけたことがよかったです。
- オンライン開催だったので参加しやすかったです。ただ、今回のように異分野の研究者が集まる機会は貴重ですので、オフライン開催も検討いただきたいです。

- 
- 非常に良い内容の研究会でしたが、参加人数がやや少なかった（30名程度）のは残念でした。宣伝方法の検討が必要だと感じました。
  - 講演毎にフリーディスカッションの時間をまとめて確保しても良いかと思いました。

本研究会開催にあたり、反省すべき点が2つあります。1つは参加者数が少なかったことです。合計62件の参加登録を頂きましたが、当日の参加はその半分程度で講演中は常時30名程に収まってしまいました。放射光学会を含む複数の学会等のメーリングリストに案内を複数回出しておりましたが、それ以上の工夫が必要であったことを痛感しております。もう1つの反省すべき点は、各講演の間にcoffee timeなどの場を設けていなかったことです。その結果、講演者を巻き込んで深く考える時間を用意できませんでした。講演時間を長くして講演中に質問を受け付ける形式は、知識を吸収するという視点でうまくいった研究会であると自負しておりますが、専門分野の異なる多くの人

と交流しながら深く考え次の発想のきっかけを与える場としてはまだまだ改善の余地があったことを痛感しております。議論を通して科学を進めるためには、より深い層で繋がるコミュニケーションが必要だと考えますが、それを実現するにはオンライン開催では難しさがあるように思えます。本研究会は、前回の若手研究会に次いで、若手研究会として2度目のオンライン開催でしたが、突きつけられている現状を乗り越えるためにこの経験を共有して蓄積しながら頂いた意見を反映することも学会の重要な役割だと感じました。

最後に、放射光学会に相応しい内容だったと評価して下さる大変嬉しい反応が多く頂きましたことを述べておきます（図2）。本研究で目指した放射光とレーザーの「二刀流」という観念に共感して頂けたことが伺えます。多数の反省点はあるものの、有意義な若手研究会となったかと思えます。講演者と参加者の皆様、研究会申請から開催までご協力いただいた先生方、放射光学会事務局の方々に心より感謝申し上げます。