

## ■ 会議報告

# 11th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources (WIRMS 2022) 報告

池本夕佳 (高輝度光科学研究センター)  
加藤政博 (広島大学, 分子科学研究所)

### 1. はじめに

11th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Sources (WIRMS 2022) が2022年10月6日から9日の日程で、広島市のグランドプリンスホテルで開催された。WIRMSは加速器をベースとした赤外光源とその利用に関する会議で、2年に一度開催される。日本での開催は2007年に淡路島で開催された第4回以来である。COVID-19の影響で1年延期して開催した会議の様子を報告する。なお、本稿では、Infraredの略称としてIRを使用する。

### 2. 会議報告

会議はシングルセッションで行われ、開催形式を現地参加とオンライン参加を両立させるハイブリッド形式とした。プログラムは時差を考慮して組んだ。会議は10月6日から8日の3日間で、口頭発表の6つのカテゴリーは、「Status and Prospects of IR Beamlines and Facilities (IRビームラインと施設の現状と展望)」、「Nanoscale Resolved IR Analysis (ナノ空間分解IR解析)」、「Synchrotron IR Spectroscopy (赤外放射光を利用した分光)」、「FEL IR Spectroscopy (赤外FELを利用した分光)」、「IR Sources (IR光源)」、「Others (その他)」とした。2日目のナイトセッションはポスターとし、最終日の10月9日は、広島大学放射光科学研究センター (HiSOR) の見学を実施した。

「Status and Prospects of IR Beamlines and Facilities (IRビームラインと施設の現状と展望)」のカテゴリーでは、NSLS-II (アメリカ), Sirius (ブラジル), ALS (アメリカ), ELETTRA (イタリア), ALBA (スペイン), BESSY-II (ドイツ), Australian Synchrotron (オーストラリア), SESAME (ヨルダン), Solaris (ポーランド), CLS (カナダ), SOLEIL (フランス) から報告があった。ALBA や Solaris, SESAME は比較的新しい施設で、IRビームラインが順調に稼働し、成果をあげていることはコミュニティにとってうれしい報告であった。特に Solaris の Dr. T. Wrobel からは、IRの偏光を利用して高分子の配向イメージングを測定する技術の報告があり興味深かった。近年世界各地で建設・稼働が進んでいる回折限界を目

指す放射光源 Diffraction Limited Storage Ring (DLSR) において緊密に設置される加速器電磁石と放射光取り出しポートの空間的取り合い問題によりIR光の利用が困難となることが予想される問題について、SiriusのDr. R. FreitasとALSのDr. M. Martin, ELETTRAのDr. L. Vaccariから報告があった。Siriusはブラジルで同国初の放射光源であるLNLSの後継となる新光源で、IRビームラインのコミッショニングが行われているが、その強度は旧光源LNLSの数分の一であるとの報告であった。ALSやELETTRAではupgrade計画にIRをどのように組み込むかという報告があった。ALSでは取り出しミラーを電子ビームのなるべく近くに配置して取り込み角度を稼ぐ方針が示され、Dr. M. Martinが加速器研究者と密接に連携して計画を策定している様子が印象的であった。この他、施設ごとに特色のある技術展開をしており、例えばAustralian SynchrotronのDr. M. TobinからATR (Attenuated Total Reflection, 全反射測定法)測定について、CLSのDr. B. Billinghamから遠赤外領域でgas phaseの測定を100 Kの低温で行う装置について、またSOLEILのDr. F. Borondicsからは、宇宙由来の試料に関する3D-IR トモグラフィ測定について発表があった。

「Nanoscale Resolved IR Analysis (ナノ空間分解IR解析)」のカテゴリーでは、三種類の技術でナノスケールのIR分光を行う最新の研究が報告された。一つ目は、IR照射による試料の熱膨張をAFM (Atomic Force Microscopy, 原子間力顕微鏡) プローブで感知する手法で、DIAMOND (イギリス) のDr. G. Cinqueから、真空中に高速チョッパーを配置し、検出効率を高めたとの研究が紹介された。二つ目はAFMプローブ先端にIRを集光し散乱光を測定するs-SNOM (Scattering Type Scanning Near-Field Optical Microscopy) で、放射光IRを利用した研究例が非常に多い。Dr. H. BechtelらALSのグループが研究を先導しており、ナノアンテナやグラフェン表面におけるポラリトンの波形のほか、今回の最新の報告として、磁場や温度を変化させる測定や遠赤外領域への拡張などの発表があり、多様な技術展開が実感された。装置が稼働している施設は、ALS, SOLEIL, PTB (ドイツ) に加えて、ELETTRAが装置の運用を開始し、BESSY-IIや

Australian Synchrotronも今後導入予定であるとの説明があった。三つ目は最も新しい技術で、原理としては熱膨張を利用する手法に近いが、AFMプローブではなく、同軸で入射する可視光の散乱光の変化で検出する。この手法はまだ放射光光源では行われておらず、IRレーザーを利用したデータで、放射光を利用した顕微分光と相補的に利用している研究がSolarisから報告された。AFMを利用しない点で適応範囲が広く、今後の発展が期待される。

「Synchrotron IR Spectroscopy (赤外放射光を利用した分光)」のカテゴリーでは、SOLEILのDr. P. DumasからPlenary Talkとして高圧IR測定で金属水素を観測した研究が紹介された。物性測定としては、UVSOR(日本)の利用研究としてDr. H. Watanabe(大阪大)からSmSで起こるキャリア誘起の絶縁体・金属転移の研究があった他、SPring-8(日本)の利用研究としてDr. S. Iguchi(東北大)による異方性試料の磁気光学カー効果の研究などが報告された。ソフトマテリアルの研究では、SPring-8を利用した成果としてDr. Y. Takeda(大阪大)から湿度に依存して色が変わる分子の加湿IR測定の報告や、ALBAのDr. I. Yousefから延伸状態のポリマーを測定する研究、NSRRC(台湾)のDr. Y. C. LeeからはガンのIR画像診断として利用されるワックス物理吸着法について報告があった。顕微分光は放射光IR利用としては最も進んでおり、生体試料のイメージングのほか、磁場や温度、湿度、延伸など多様な試料環境で測定する研究が行われている。

「FEL IR Spectroscopy (赤外FELを利用した分光)」のカテゴリーでは、Plenary Talkとして、Fritz Haber InstituteのDr. A. Paarmannから、SFG(Sum Frequency Generation)を利用した超高空間分解能顕微鏡の紹介と、ATR配置でエバネッセント波と表面ポラリトンのカップリングを利用して運動量空間における高分解ポラリトンマッピングの紹介があった。Dr. T. Oliveira(Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf)からは、TELBE(ドイツ)のTHz光を利用した非線形光学効果や近接場イメージングの報告が行われ、Dr. H. Zen(京都大)からは、KU-FEL(日本)において、電子バンチから光を取り出す効率を向上させる技術について報告があった。FELIX(オランダ)のDr. J. OomensからはMass SpectroscopyとIRスペクトルの併用による分子構造同定の手法に関する研究が、Dr. A. Kirilykからは磁性を持つガーネットフィルムのフォノンモード励起による磁気的性質の高速スイッチの研究が発表された。Dr. A. PerucchiはTeraFERMI(イタリア)を利用した2次元層状物質の非線形光学応答の研究を発表した。更に、Dr. T. Kawasaki(KEK)は医学利用の例として、アルツハイマー病の原因と目されている $\beta$ シート構造のアミロイド線維にIR-FELを照射して解離させる研究を報告した。

「IR Sources (IR光源)」のカテゴリーでは、Dr. Y. Honda(KEK)からcERLを利用したTHz域の誘導放射

について発表があり、Dr. R. Kato(KEK)からはERLを用いた中赤外領域のFELについて発表があった。これまでにない新しいIR光源であり、その利用に関する質問も活発にかわされた。今回のWIRMSでは、IR以外の光を利用した研究についても、強く関連する研究としてプログラムに含まれた。Dr. M. Fushitani(名古屋大)は、EUV(Extreme Ultraviolet)領域のFELを利用して分子原子の非線形現象に関する研究を発表した。Dr. H. Minamide(理研)からは、電子加速に利用可能な高強度THz光発生技術について発表があった。Mr. R. Ikeda(大阪大)は、THzレーザーを強磁性体 $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$ に照射し、光の電場によって形成されるコヒーレントな電子運動について発表した。Dr. T. Manjo(JASRI)は、meVのエネルギー分解能を持つX線非弾性散乱によるフォノンの分散曲線観測について報告した。いずれもWIRMSの主題である加速器ベースのIR利用ではないが、手法やメカニズムについて活発な議論がかわされた。

会議2日目夜のポスターセッションは17名が発表者として参加し、Zoomミーティングのブレイクアウトルームを利用して完全オンラインで行なった。冒頭設けた各自2分のShort Presentationは時間超過も心配したが、全て時間通りに進み、ポスターの個別議論に十分な時間をあてることができたことは幸いであった。BESSY-IIのDr. L. Puskarが発表した文化財の解析や、DIAMONDのDr. M. Frogleyが発表した気液界面測定のためのセル開発などが特に注目を集め、終始活発な議論を行うことができた。

### 3. 施設見学

会議最終日の10月9日は、広島大学放射光科学センターへの施設見学を行った。参加者はチャーターされたバスを利用しグランドプリンスホテル広島から広島大学東広島キャンパスに移動した。HiSORは周長22 m、電子エネルギー700 MeVの小型加速器である。海外では大型施設建設に伴うシャットダウンで希少となっている小型放射光施設はWIRMSの参加者にとっても興味深いものであったようで、小型の加速器やビームラインを熱心に見学していた。残念ながらHiSORには赤外のビームラインはないが、角度分解光電子分光、スピン分解光電子分光、真空紫外円二色性及び軟X線円二色性の4つのビームラインで担当職員が説明を行い、熱心な質疑応答が行われた。

### 4. おわりに

会議の様子を伝える全体写真と、質疑応答の様子を図1に示す。参加者人数は、93名(国内42名、海外51名、16カ国)で、このうち会議場に直接参加したのは、48名(国内30名、海外18名)であった。全体参加人数は、COVID-19以前に開催された会議と同程度であった。今回の開催期間は、水際対策が緩和される直前で、海外からの参加にはVISA取得が義務付けられていた。会議負担で



図1 集合写真(左)と質疑応答の様子(右)。

VISA 取得手続きのサポートを行ったり、ハイブリッド開催にしたりしたことは、参加人数の確保に一定の効果があつたと思われる。次回の WIRMS はスペインのバルセロナで開催されることが決定した。2年後には多くの参加者が現地に集い、盛況な会議が催されることを願う。

今回、COVID-19の影響で長い準備期間を経て、様々な困難を乗り越えながら無事会議を終えることができたことについて、参加者の皆様と、会議参加登録システムを担当した田岡智志氏、VISA サポートと施設見学を担当した下岡憲子氏、以下に示す共催・協賛・後援・組織委員の皆様、この場をお借りして、厚く御礼申し上げます。

共催：高輝度光科学研究センター、広島大学放射光科学研究センター、分子科学研究所極端紫外光研究施設、京都大学エネルギー理工学研究所、大阪大学産業科学研究所

協賛：日本万国博覧会記念基金事業、テラヘルツ科学技術振興基金事業、広島観光コンベンションビューロー、ジャパンハイテック株式会社、株式会社日本サーマル・コンサルティング、日本ブルカー株式会社、attocube systems AG、メンローシステムズ株式会社、株式会社アミスター、フラクシ株式会社

後援：日本放射光学会

組織委員(敬称略)：木村真一(大阪大学)、岡村英一(徳島大学)、全炳俊(京都大学)、築山光一(東京理科大学)、南出泰重(理研)、柏木茂(東北大学)、田中清尚(分子研)、森脇太郎(JASRI)、脇田高德(岡山大学)、入澤明典(立命館大学)

\* 本稿著者の池本は Chair、加藤は Vice-Chair を務めました。