

■会議報告

XOPT2016 (the International Conference on X-ray Optics, Detectors, Sources, and their Applications) 報告

松山智至 (大阪大学大学院工学研究科)

The International Conference on X-ray Optics, Detectors, Sources, and their Applications (X線光学要素技術と応用) (XOPT2016) は、今年初めて開催された国際会議である(開催期間2016年5月18日~20日)。議長は、石川哲也センター長(理化学研究所)、山内和人教授(大阪大学)であって、パシフィコ横浜で開催された。X線光学素子、検出器、光源のハードウェア領域を中心に、それを有効活用した応用研究までをカバーしている。これまで日本では、このような分野が強いにも関わらず、これを議論する国際会議が定期的には行われていなかった。X線自由電子レーザーや超低エミッタンス放射光源の登場に合わせて、これを有効活用できる最先端の光学素子、検出器、応用技術をアピールできる場が準備されたことになる。

初めに本専門会議とその親会議の関係を整理しておく。XOPTは母体であるOPIC(光とフォトンクスに関する国際会議)の下に連なる11の専門会議の一つである。その他の専門会議として例えば、電通大の米田先生が議長のALPS(先進レーザーと光源技術)や阪大の兒玉先生が議長のHEDS(高エネルギー密度科学の応用)がある。参加費(一般4万円、学生1.8万円)を払えば、すべての専門会議の発表を聴講することができる。このような会議の利点は、異なるフィールドにおいて新しいアイデアを交換できると共に、それらの融合分野において人的交流を深めることができる点にあると考える。本会議でも、ALPS, HEDS, XOPTでジョイントセッションが開催され、X線自由電子レーザー・次世代X線光源開発の展望、高エネルギー密度科学の展望、ハイパワーレーザー開発等についての招待講演があり、大きな会場であったが多くの聴衆を集めていた。

XOPTは山内教授のあいさつによって始まった。初日は、光源、イメージング、レンズ、検出器のセッションがあった。以下、紙面の制約で紹介できなかった発表があることと、私の興味でその選定を行ったことを先にお詫びする。最初のセッション(X-ray sourceとX-ray optics for advanced light source)では、理研の田中氏から日本のX線源開発の展望が示された。ライナックベースのFEL光源は、高ピーク輝度、短パルス性を突き詰めて行き、リングベースのSR光源は、高平均輝度が必要な実験のニーズを満たすべく、それぞれが発展していくとのことだった。

次に、ESRFのBarrett氏からは、ESRFでアップグレードが進められているNINA(nano-imaging & nano-analysis) beamline(ID16A)で使われる先進のミラー集光光学系についての紹介があった。光学系の特徴として、機械式ベントミラーと、多層膜ミラーである。ベントシステムの写真が示されたが、非常にコンパクトで洗練されたものが開発されているようである。現在のところ、50 nm集光(全反射)と25 nm集光(多層膜)が実現できている。European XFELのSinn氏からは、27 kHzのXFEL(300~10 Wの平均パワー)を受け止められる1 mのX線ミラーの紹介が行われた。ミラー開発は日本のジェイテックと共同で進められているようである。基板を機械式のベンダーに組み込み、備え付けられた静電容量センサーで全体の曲げ形状をClosed loop制御するようである。大型ミラーは温度変化に敏感であるためこのような工夫が必要であるようだ。さらにヒートロードも大きいことから、この辺りが非常に難しい点のように思った。SLACのRobert氏からは、XFELの診断系を構成する各種光学素子の紹介があった。ショットバイショットでFELの特性を知ることの重要性が示され、これを計測するための各種モニターの計測例が紹介された。SACLAの登野氏からは、SACLAの光学系の紹介があり、基礎技術の高さに注目が集まっていた。

X-ray microscopy & imagingのセッションでは、初めにHamburg大学のSchroer氏から、屈折レンズの収差をタイコグラフィで評価する手法とその結果が示された。LCLSで実施された結果では、確かにレンズ設計に由来する球面収差を計測できていた。しかし、LCLSのレーザーがショットバイショットで変化するために、通常放射光施設で実験するよりは難しいようである。照明光の強度分布も一定ではないとする特別なアルゴリズムが組み込まれているとのことであった。東北大学の百生氏からは、回折格子を使った位相イメージングについて発表があった。臨床応用と工業応用がすぐそこまで来ているとのこと、X線撮影分野において大きな変革が起きそうである。大阪大学の筆者らのグループからは、全反射ミラーを4枚使った結像光学系の実験結果が紹介され、50 nmの分解能の実現が報告された。東北大学の矢代氏からは、回折格子と小角散乱計測技術を組み合わせることで、リアルスペースに

において、界面の情報を定量的に評価できることが示された。北海道大学の木村氏からは、環境セルアレイに封入された生きたバクテリアのコヒーレント回折イメージングについて発表があった。SACLAにおいて生きた細胞を何枚も撮影することで、細胞周期に関係する細胞構造の変化が見られたとのことである。

Refractive optics & applications のセッションでは、Immanuel Kant Baltic Federal 大学の Snigirev 氏とそのグループから屈折レンズに関する3件の口頭発表があった。初めに、Snigirev 氏がX線屈折レンズのこの20年の発展についてレビューがあった。2~200 keV を超えるエネルギー帯でも、材質を最適化すれば利用できることが説明された。また、新しい方向性として、レンズの色収差を利用したモノクロメータや複数のレンズを並列にアレイ化した素子を使った干渉計なども紹介された。後者は回折格子を使ったタルボ干渉計と同等のものが構築できるようなのである。また、同グループからダイヤモンドを使ったレンズ開発の状況と、レンズの後焦点にできる回折パターンを取得する顕微法の紹介があった。

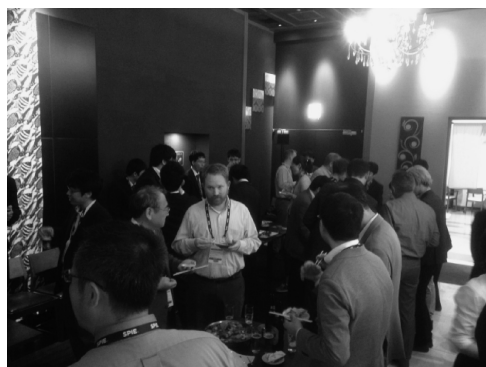
X-ray detectors のセッションでは、理研の初井氏から、XFEL 用の integration-type 2次元検出器について発表があった。また、現在計画中の SPring-8 II 用の高ダイナミックレンジの2次元検出器についても紹介があり、光源の性能ジャンプに合わせた検出器開発が順調に進められていることが窺えた。

初日の最後は、XOPT 単独のバンケットがあり、パシフィコ横浜近くの居酒屋を貸し切って立食形式で行われた。生ガキ、お刺身、日本料理など日本らしい料理に外国人参加者だけではなく日本人も楽しめた。外国人参加者からシーフードがおいしいと好評であった。終了時間が過ぎても会話が止むことはなかった。

2日目はミラー、結晶、光源、診断系のセッションとポスターセッションがあった。Reflective optics & applications のセッションでは、大阪大学の山内氏から先進のX線ミラーについての発表があった。SPring-8 に開発された多層膜ミラーと波面補償用の形状可変ミラーを組み合わせた大開口数集光光学系や、SACLA で開発中の多層膜集光ミラーシステムについて最新の結果が示された。また、4枚の形状可変ミラーを組み合わせることで、開口数可変集光光学系を構築し、ビームサイズを100~1500 nm まで制御した結果が報告された。これらを組み合わせれば、次世代光源を高度に使いこなすことが可能だと発表が締めくくられた。東京大学の本山氏 (D2) からは、軟X線レーザー用の2段集光光学系の開発について最新結果が示された。本光学系の特徴は、リング集光ミラーと回転楕円面ミラーからなる高効率集光システムである。それぞれ単独のテスト結果が示され、前者はほとんど理想的なものできており、後者はマイクロ集光が可能なレベルまで到達できているようである。今後の発展が期待される分野である。JASRI の湯本氏からは、7 keV 用の部分回転楕円面ミ



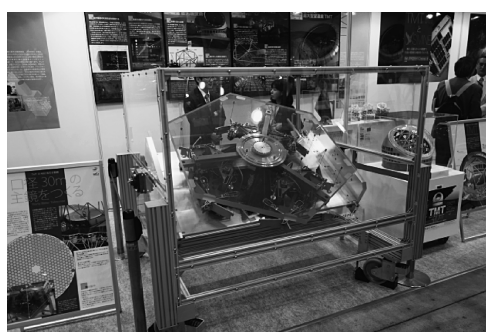
集合写真



XOPT バンケットの一コマ



展示会会場にて① (ニコンのブース)



展示会会場にて② (JAXAのブース)

ラーの開発状況が示された。85×125 nm の2次元集光の達成と、これを用いた走査型 X 線顕微鏡において、50 nm のテストパターンの解像に成功したことが報告された。

Optics for various spectroscopic methods のセッションでは、理研の大坂氏から、XFEL 用の2種類の分割遅延光学系の開発状況が報告された。中でも結晶のエッジを利用した光学系の開発がうまくいっているようである。分割した2つのパルスを重ね合わせて、干渉縞の観察の成功が示され、遅延時間ゼロを決定できたとのことである。European XFEL の Kujala 氏からは非破壊かつショットバイショットでスペクトルを計測できる HIREX spectrometer の開発状況が紹介された。ダイヤモンド回折格子で診断系へ X 線を導き、ベント結晶で波長分散後、高速カメラでモニターする構成である。

X-ray diagnosis のセッションでは、阪大の Pikuz 氏から LiF 結晶を使った XFEL でも利用できるビームモニターの提案があった。LiF 結晶は X 線照射された部分に

カラーセンターが生じるため、実験後 UV 照射することでカラーセンターが発光し、結晶に記録されたビームプロフィールが 3D で得られるようである。ダイナミックレンジの広さも利点であるとのことである。理研の井上氏からは X 線ポンプ-X 線プローブのシステムを使ったダメージプロセス観察のデモ実験が示された。

ポスター発表は、OPIC と共同で開催された展示会である OPIE の展示会場で行われたため、ポスターを見ると同時に様々な展示物も見えて触ることができた。企業展示は放射光学会の年会でも見ることができるが、OPIE は規模が何倍も大きく、例えば、下の写真のような大型展示物を直接見て質問することができ大変面白かった。

最後に、理研の矢橋氏から総括が行われ、来年の2017年は引き続きパシフィコ横浜で開催されることが約束された。来年は1か月早い4月14～21日に開催されるとのことである。本会議がさらに発展することを期待したい。