

第21回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム報告

実行委員長 太田 俊明 (立命館大学 SR センター)

第21回の放射光学会年会・合同シンポジウムは立命館大学草津キャンパスにて1月12, 13, 14日の3日間開催された。これは立命館大学で行なわれた初めての年会であった。

今回の参加者は事前登録328名+当日登録245名+招待者19名合わせて573名、企業展示に参加した人を加えると650名を越し、減少傾向であった参加者が前回より約20名増え、少し持ち直したように思われる。口頭発表は97件、ポスター発表件数はポストデッドライン22件を加えて259件であった。発表の総数は前回とほぼ同じであったが、前回の反省事項を踏まえ、口頭発表を20件増やすことにした。

第1日目は本来予定されていた講義棟が補講のために使うことができず、ローム記念館とよばれる少し規模の小さい建物を用いて行われた。各施設のユーザーズミーティングのあと総会があり、ここで波岡武先生、上坪宏道先生、菊田惺志先生に名誉会員の称号が与えられた。(写真1)その後、特別企画として、アジアオセアニア放射光科学フォーラム(AOFSRR)のネットワーク形成が取り上げられ、これにオーストラリアからリチャード・ガレット博士(写真2)、韓国からムーンホア・リー教授(写真3)が招待されて講演を行なった。引き続き、学会奨励賞として若林裕助氏(KEK/PF)、堀場弘司氏(東大)、加藤健一氏(理研播磨)(写真4)が両宮会長から表彰され、それぞれ受賞講演を行なった。受賞講演の後、立命館大学主催のウェルカムパーティが開かれ、およそ150名近くの参加があった(写真5)。これは初めての試みであったが、料理も美味しく好評であったようである。

第2日目からは場所を本来の講義棟に移した。立命館

大学には講義棟は何棟もあり、それぞれの建物の講義室も収容人数が400人から700人という規模で、廊下も5m幅



写真2 Richard Garret 博士(オーストラリア放射光施設)の講演



写真3 Moonhor Ree 教授(ポーハン科学技術大学)の講演



写真1 (左より)両宮会長と名誉会員証を授与された菊田惺志、波岡武、上坪宏道の3先生



写真4 放射光奨励賞を受賞した(左より)加藤健一、若林裕助、堀場弘司の3氏



写真5 立命館大学主催で行なわれたウエルカムパーティ



写真7 ポスターセッションの様子

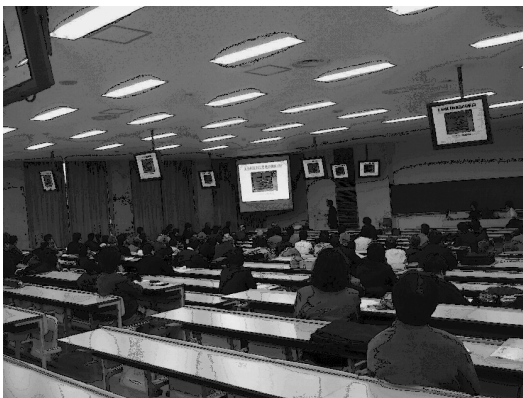


写真6 講演会場風景 (A会場)



写真8 企業展示コーナー

で100 m以上の長さがあり、ロビー並みのひろさがある。今回の年会では講義棟の2階全てを利用して、5教室で口頭発表、広い廊下を使ってポスター展示、企業展示を行なった。企業展示には41社を超えた申込があったが、スペースの関係で41社までとした。また、ポストデッドラインのポスターは施設報告と合わせて隣接する大食堂の一隅を利用させてもらった。

企画講演は全部で7課題を採択したが、そのうち4課題、「XFEL プロジェクトこの1年—XFEL 実機建設に向けて」、「物質ダイナミクスのリアルタイム観察」、「放射光によって切り拓く環境科学」、「卓上型装置で開ける新たな放射光利用」が2日目の午前中に開催された。平行で4件の講演が行われたが、それぞれ平均100名、多い部屋では150名以上の参加があった(写真6)。

午後、ポストデッドライン11件を含めた127件のポスター発表があり(写真7)通り抜けるのも難しいほど廊下がにぎわった。今回、廊下の3箇所、幅広くなった個所を企業展示コーナーにしたため、多くの参加者に企業展示に立ち寄っていただけたものと思う(写真8)。

特別講演は、立命館大学の杉山進先生(写真9)による「シンクロトロン放射光を用いた超微細構造の形成と応用」、そして米国ブルックヘブン国立研究所、放射光施設



写真9 特別講演の杉山進先生

長の Chi Chang Kao 博士による「NSLS and NSLS-II Update」であった。前者は立命館大学 SR センターの放射光利用で LIGA プロジェクトを推進されてきた経緯と今後のマイクロマシンの動向についてのお話、後者は PF と期を一にして始まった NSLS の現在の活動状況と、ポスト NSLS として新しく認められた高輝度リング NSLS-II についてのお話であり、どちらも時宜を得た興味深いものであった。

懇親会は津市内の琵琶湖ホテルにて行なった。琵琶湖



写真10 懇親会で中村氏（JASRI）、河田氏（PF）と談笑する Chi-Chang Kao 博士（右端）



写真11 懇親会会場風景



写真12 乾杯の音頭をとる波岡先生

ホテルは天皇皇后両陛下も定宿とされている最高級ホテルである。参加者は事前申込118名、当日申込102名、それに招待者（講演者＋出展企業）51名を加えた271名であった。来賓として文部科学省から林孝浩量子放射線研究推進室長、立命館大学を代表して総長顧問の田中道七先生からご挨拶を頂いた後、名誉会員になられた波岡先生の乾杯で懇親会が始まった（写真10, 11, 12）。他の学会に比べて放射光学会の懇親会は満足度の高さに定評があるので、前

々回、前回に負けないように大奮発した。お陰で料理、ワインが美味しく、参加者も満足していただけたものと思う。最後に次回の開催が決まった東京大学を代表して尾嶋正治先生より第22回の年会の概要が紹介され、9時過ぎにおひらきになった。

第3日目はまず3つの企画講演、「超高輝度 EUV 光源が拓く新しい光科学—FEL と高次高調波レーザー」、 「コンパクト ERL が拓くサイエンス」、そして「高・低エネルギー放射光が照らすタンパク質結晶構造解析の新展開」が開催され、前日に変わらず盛況であった。その後、5会場でも平行に行なわれた口頭発表があり、午後には133件のポスター発表、さらに、口頭発表が5時過ぎまで続き、学会が終了した。

また、この学会期間中、キャンパス内にある SR センター、放射光生命科学センター「ミラクル」は12時から3時まで自由見学にあてたが、約150名の見学者が訪れ盛況であった。

今回、立命館大学 SR センターと放射光生命科学センターがホストになって学会をお引き受けしたものの、懸念された問題がいくつかあった。第1は立命館大学には日本放射光学会のメンバーが数えるほどしかいなかったことである。幸い、大学専属のイベント会社「クレオテック」が存在していたことは大きく、同社、久保田さんの商売抜きの献身的な努力で年会の準備作業が手抜きなく行なわれたことは助かった。もちろん、実際の年会時には裏方で、SR センターのスタッフ、近隣の実行委員、とりわけ、山本孝さん（京大河合研）、石井秀司さん（イオン工学研究所）にご尽力いただいた。

ただ、これまで学会に併せて3回続けて市民講座が開催されていたが、少ないマンパワーで2つの事業を成功させることは難しいと判断し、これを取りやめにしたことは申し訳なく思っている。

第2の問題は、開催場所としてびわこ・草津キャンパスには講義室、講堂が沢山あるものの、土曜日でも補講があるために、3日間同じ場所ではできなかったことである。やむを得ず1日目を学会には少し規模の小さい建物（ローム記念館）にし、2,3日目を講義棟にした。したがって、1日目が終わって事務局を移動しなければならなかった。また、1日目に平行セッションを多く入れることができなくなり、その分3日目の午後に回ってしまった。また、案内看板が不十分で、第1日目の参加者に混乱を招いたようである。

第3の問題は、企業展示、ポスター会場に適切な建物がなかったことである。最終的には、講義棟の廊下が十分に広いので、そこをポスター会場と企業展示コーナーにすることに決めたが、廊下は暖房がなく、防火の観点から廊下にガス、石油ストーブを用いることは禁止されており、企業展示の人たちが寒くて逃げ出すのではという心配があった。結局、運を天に任せる次第になったが、あいにく2

日目、3日目ともに雨混じりの悪天候となり、ホカロンを参加者に無料配布するという、前代未聞の対応策をとる羽目になった。ただ、参加者の熱気で廊下が暖まり、それほど深刻な事態にならなかったと思っているのではあるが。

最後の問題は学会の会計であった。最近の統計によると、参加者数は佐賀の18回年会をピークに年々減少傾向にあり、さらに今回、SPring-8がユーザー懇談会参加者に対する旅費支援を打ち切ったことが追い討ちをかけて大幅に減少するのでは、という心配があった。幸い、前回から参加費が値上げされ、企業展示も前回の実績を維持できそうであったこと、さらに、大学キャンパス内の施設を無料で使わせてもらったことで会計の見通しはたった。しかし、今度は、陸の孤島のようなびわこ・草津キャンパスで清貧な学会をすることで参加者、企業展示会社に喜ん

でもらえるかという心配にかわった。そこで、これまでは無かったウエルカムパーティを1日目の夜に行い、懇親会も大阪の最高級のホテルで行なうことにした。これが大きな出費とはなったが、豪華なホテルで美味しい食事で喜んでいただき、今回の学会に良い印象を持って帰っていただけたのではないかと考えている。学会経理の面では、参加者数も増加し150万円を超える黒字となったことで安堵したところである。

最後に、この学会開催に大きな便宜を図っていただいた立命館大学、企業展示に参加していただいた会社の皆さん、そして学会開催にご尽力いただいた関係者、事務局、実行委員、アルバイト学生の皆さんに感謝の意を表したい。なお、掲載された写真の大半は、繁政英治カメラマン撮影によるものである。

JSR08 企画講演報告

企画1 「XFEL プロジェクトこの一年」報告

田中 均 (理研)

趣旨

放射光学会が平成17年度に「究極を目指す光源」として位置づけ、国家基幹技術に認定されたX線自由電子レーザー (XFEL) プロジェクトの年ごとの進捗状況を放射光コミュニティに報告する。

講演構成

「企画趣旨説明」	田中 均
「プロジェクトの目指す方向性」	熊谷教孝
「試験加速器の安定性向上とレーザー飽和の達成」	田中 均
「SASE-FELの光特性」	矢橋牧名
「ライフサイエンス分野におけるXFEL利用推進研究の動向」	中迫雅由

講演と質疑応答

- 講演会は約200人の研究者が参加して、KEK 物質構造科学研究所の下村理先生の司会進行で進められ、冒頭で4枚のPPTを用い、企画提案者から本企画の趣旨説明が行われた。
- 最初にXFEL計画推進本部の熊谷教孝氏からX線自由電子レーザープロジェクトの設計、発注、技術開発の現状、建設状況、SASE-FEL実現の後、どのように光源性能を進化させていくかに関し報告があった。この報告に対し、「Q1: 37 MV/mの高加速勾配で運転したときのトリップレートはどの位なのか」という質問があった。A1: 試験加速器では約30 MV/mで運転しており、利用運転の実績はないこと、試験加速器での試験では、エージングによりトリップレートが下がってきた事か

ら、コミショニング時は、トリップレートを運転に差し障りのない範囲に抑えながら、ダーク電流に注意しつつ加速電界を徐々に上げていくことになるだろうとの見通しが述べられた。また、今後の光源性能の発展に関し「Q2: SASEでなく本来のFELを目指すといった意味は」という質問もなされた。これに対し、講演者からA2: 将来的にはマルチモード (SASE) でない理想的なシングルモードのFELを目指していくとあり、いくつかのスキームによるシーディング等を検討しているとの説明があった。

- 次にXFEL計画推進本部の田中均氏から試験加速器での電子ビームの安定化とEUV領域でのSASEレーザー増幅利得飽和に向けた加速器の改善、その結果としての波長50~60 nmでのレーザー増幅利得飽和の達成とSASEレーザー安定性の現状に関し報告がなされた。「Q3: 10%の強度揺らぎはモード数100になっていると考えられる。バンチ長と周期数などを考えると変ではないか」との質問がよせられた。これに対しA3: 現状はモード数の実測は数10であること、また3次元のシミュレーションにおいても飽和状態での強度変動は10%程度であり、おかしな値ではないとの説明がなされた。
- XFEL計画推進本部の矢橋牧名氏から試験加速器での実験ビームラインの整備状況、SASE光の特性評価結果、利用運転の状況と今後のスケジュール、そして実機XFELビームラインの設計思想と概念設計案が報告された。「Q4: 飽和に達したというデータはパワーで表現すべきでは」との問いかけに対し、A4: パワーは直接測定できないため、レーズング部分の時間幅の不定性に

よりパルスエネルギーをパワーに焼き直す際に誤差が大きくなるとの回答がなされた。これに関連し、「Q5: レーザーパルス幅はスペクトルの自己相関で分かるのではないか」というコメントがなされた。講演者等から、A5: 電子ビームのチャープの影響があるのでこのような評価は難しく、FLASHにおいてもレーザーパルス幅はスペクトルの自己相関で評価はしていないとの説明がなされた。

5. 最後に、慶應義塾大学の中迫雅由氏から実機 XFEL での利用推進研究の一例として、ライフサイエンス分野における XFEL 利用では、どのような試料を如何にして測定するのか、そのためにどのような開発研究が必要であるのか、更に、現在どのような技術開発が進行中であるのかが報告された。「Q6: XFEL のどの特性を利用することになるのか」との問いかけに対し、A6: 光のトランスバースコヒーレンスが最も重要との回答がなされた。これに関連し、「Q7: SPring-8 で十分ではないのか」という質問がなされたが、A7: それではコヒーレンスと強度が全く足りないとの回答がなされた。さらに「Q8: 一方で SPring-8 でもタンパク質結晶の放射線損傷が問題になっている。見ることによって厳密な意味では状態の変化も生じる。」とのコメントがあった。これに対し、A8: 同じ構造を有する生体粒子試料を多数調製可能な場合は、壊しながら試料を置き換えて測定していけばよい。一方、構造を有する試料の作成が困難な場合には、XFEL 強度制御下で、放射線損傷を低減しながらのトモグラフィ測定が想定されるとの見解が示された。

反省点

放射光学会の会員を対象にしていたにもかかわらず、一部の加速器関係者から詳細な加速器関連の質問が多くなされた。このためユーザーが質問しにくい雰囲気になってしまったと反省している。今後は「加速器専門家に対してではなく、放射光学会会員の大多数を占める光源利用者に XFEL プロジェクトの進捗や試験加速器での SASE 光の特性及びユーザー利用実験の現状を良く知ってもらう」という講演会の趣旨を徹底し、光源利用者から、様々な観点からの疑問や質問、コメントが数多く引き出せるよう配慮する。

企画 2 「物質ダイナミクスのリアルタイム観測」報告

澤 博 (KEK), 足立伸一 (KEK)

趣旨

放射光を利用した物質ダイナミクス研究では、その議論したい物理量によって、実空間、実時間、エネルギー空間、運動量空間における様々な計測が行われている。一般的な励起状態の研究は運動量空間における分散曲線を用いた議論によって行われてきたが、昨今の応用展開の見地から、実時間における変化の直接的な観測が切望されてい

る。これに加えて、次世代光源のパルス特性の利用研究をも視野に入れて、実時間領域の放射光による観測技術が急速に進展しつつある。このシンポジウムでは、「観測技術開発」の説明に留まらず「現在どのような対象の実時間計測が可能でその将来性は如何に」という視点で議論を提起したい。

講演と質疑応答

以下の四つの分野について観測技術の紹介及び観測対象の背景、得られたデータの解析・解釈について講演を行った。

1. SPring-8/JASRI 高田昌樹氏「反応現象の X 線ピンポイント計測」

SPring-8 における空間高分解能 (サブ100 nm 領域)、40 ps の時間分解能、外場制御、デバイスの動作時環境の下での測定が可能な BL の開発の現状とさらにここで得られた DVD 光相変化の計測結果について報告がなされた。反射率の時間変化の差や、回折線の線幅の時間変化などから素材による結晶化のプロセスの違いが見分けられることが示された。

2. KEK PF 足立伸一氏「ピコ秒時間分解 X 線回折で観る物質構造のダイナミクス」

KEK PF-AR におけるシングルバンチ専用リングを用いた 100 ps の時間分解能で行われている様々な光誘起現象の時分割測定が紹介された。中でも、レーザーによる衝撃波の伝搬の様子がワンショットでラウエ写真として観測可能であることが示され、多くの興味を集めた。

3. 物材機構 桜井健次氏「X 線蛍光分析法で観る元素選択動画イメージング」

蛍光 X 線を用いた元素マッピングを非走査型で行うことができるユニークなシステムの開発とその結果得られた生体物質、金属の結晶化の直接観測などを動画として捉えられることが示され、応用の広さが窺われた。

4. KEK PF 稲田康宏氏「波長分散型 XAFS 法で観る触媒反応のリアルタイム観測」

時分割 XAFS により、触媒反応が進んでいるその場観察が可能となってきたことが示され、高速な次元検出器を用いた波長分散型 XAFS の有効性が実例とともに示された。

詳細については、各講演者の予稿を参照して頂きたいが、このような多岐にわたる測定方法が相補的に利用されることの意義、展開される分野の広さなどを実感させられる内容であった。このような企画を行うことは、他の分野の学会などではなかなか難しく、放射光学会として大変重要な役割を果たしたと考えられる。本企画は、SPring-8 における XFEL 企画と並行して行われたにもかかわらず、100名以上の出席者を数え、極めて注目度が高い分野であることを改めて感じた。

企画3 「放射光によって切り拓く環境科学」報告

武田信生 (立命館大学), 木原 裕 (関西医科大学)

趣旨

現代科学にとって、環境問題をその学問の中にどのような位置付けるかは学問の存在意義にかかわる重要な問題になっている。放射光は、科学への貢献、産業への貢献に取って重要なツールであることは疑いのないところであるが、この環境問題にどのようなアプローチができるかは、社会の中での放射光の存在意義を問われる問題といっても過言ではない。この企画では、現在までに既に放射光を用いて、環境問題について先駆的な役割を果たしてきた仕事を中心に、今後どのような発展が期待されるかを展望することを目的とした。また特に滋賀県で学会が開催されることを鑑み、琵琶湖の環境問題も取り上げることとした。

講演構成

1. 「趣旨説明」 木原 裕 (関西医科大学)
2. 「環境科学と放射光利用の展望」 高岡昌輝 (京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻)
3. 「放射光を利用した自動車排ガス浄化触媒のナノ構造設計」 住田弘祐 (マツダ株式会社 技術研究所)
4. 「カルシウムおよびイオウの XAFS からみた黄砂による硫酸の中和過程」 高橋嘉夫 (広島大学大学院理)
5. 「環境・エネルギーに密着する炭素材料の軟 X 線状態分析」 村松康司 (兵庫県立大学)
6. 「琵琶湖のピコ植物プランクトンの X 線顕微鏡による観察」 竹本邦子 (関西医科大学)

講演と質疑応答

放射光学会では、社会のニーズを考え、環境問題を取り上げることにした。環境問題を、エネルギー、資源などが将来にわたって見通しを持って考えられる循環型社会であることが緊要であると位置付け、廃棄物汚染の問題 (高岡教授)、黄砂と地球環境問題 (高橋教授)、大気汚染と自動車触媒 (住田博士)、低炭素社会に向けて (村松教授)、琵琶湖環境問題 (竹本博士) の講演を依頼した。従来も放射光学会では、講演や発表の中で、環境問題は取り上げられてきたが、このようにまとまった形の提案は初めての試みであったせいか、約50名の参加者で会場は大変盛況であった。すべての講演の終了後、短い時間であったが、総合討論を行った。中井教授 (東京理科大学) から総括した発言があり、今後も放射光学会でこのような企画が継続していくことが重要であるとの認識が示され、会場全体で共有する問題意識となった。

企画4 「卓上型光源で開ける新たな放射光利用」報告

山田廣成 (立命館大 SLLS)

趣旨

本企画は、第21回放射光学会年会が立命館大学で行われるに当たり、立命館大学で開発された“みらくる”型放射光の全容を明らかにする目的で企画された。学内の2

カ所に設置された卓上型“みらくる”と、学外にあり、(株)光子発生技術研究所が所有する大型“みらくる”の見学会も同時に行われた。学内施設には、190~200名が見学を訪れ、学外にも30名が参加した。企画講演には、早朝にも関わらず約60~70名が参加した。

講演と質疑応答

“みらくる”型放射光は、2003年に6 MeV タイプが完成し、さらに2006年に20 MeV タイプが完成して、その特性がかなり詳細に調べられている。山田 (立命館大 SLLS) からは、特に20 MeV “みらくる”に結晶分光器を接続し、その単色強度をイメージングプレーで計測し、かつ1 kWX 線管と比較したところ、単色光子密度が1 kWX 線管程度であることが報告された。さらに同 BL を使用して分散型 XAFS を実施したところ、短時間に幅広い領域のスペクトルを一度に取得出来たことが報告された。また、赤外線放射光をサーモグラフで計測してビームプロファイルを観測したところ、20 MeV の電子蓄積リングに1 A 以上が蓄積し、ビームサイズが5 mm 以下になったことが判明した。これは低エネルギー蓄積リングのダイナミクスという点で興味深いものであり、特別な放射減衰の発生が示唆された。

利用研究の重要な成果として、位相コントラスト撮像の詳細が報告された (平井/立命館大 SLLS)。放射光で現れる位相コントラストよりも強いエッジ強調が、“みらくる”では発生することが紹介された。特に距離を離して拡大撮像を行うほどエッジが顕著となる。拡大によって100 μm ピクセルの検出器でも、10 μm が解像できるのも利点である。そして、医療診断のみならず、高エネルギー X 線を用いて橋梁の非破壊検査等にも“みらくる”を利用できることが示された。

現在、6 MeV タイプは、遠赤外線専用光源に転換されている。そして、可動型である MIRRORCLE-CV4 (蓄積リング外形35 cm という点で、見学会でも驚きの声が上がった) の開発 (長谷川/光子発生技研) も進んでいることが紹介された。MIRRORCLE-6FIR の遠赤外線強度は、20 cm^{-1} 波数領域で FTIR 内部光源の40倍を達成していることから、既に実用供されていることが報告された (文/立命館大 SLLS)。水や、水中での蛋白質のダイナミクス研究が進行している。

“みらくる”は利用目的に特化された方向でそれぞれ進化している。EUV リソグラフ及び高度分析用のための MIRRORCLE-20SX、ハード X 線撮像用 MIRRORCLE-CV4、高輝度白色遠赤外線光源 MIRRORCLE-6FIR である。20SX では、EUV リソグラフのために、電子蓄積リング軌道中に100 nm 厚さの C 薄膜を設置して、遷移放射により90 nm を中心に30 mW 程度を発生している。20SX には、結晶分光器を有するタンパク質構造解析 BL を設置しているが、サジタル結晶を用いて10~30 keV 領域の単色光を取り出している。“みらくる”で得られるハード X 線

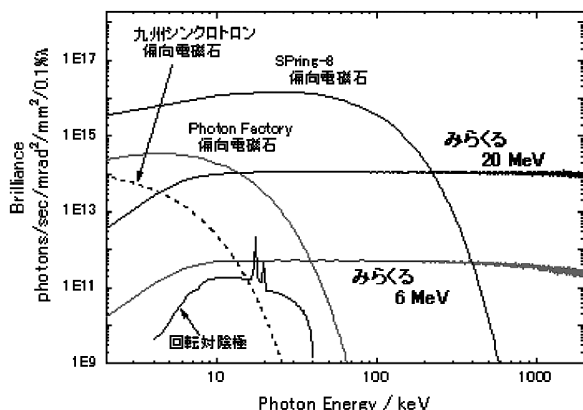


図1 放射光及びX線管と比較した“みらくる”型光源の強度スペクトル

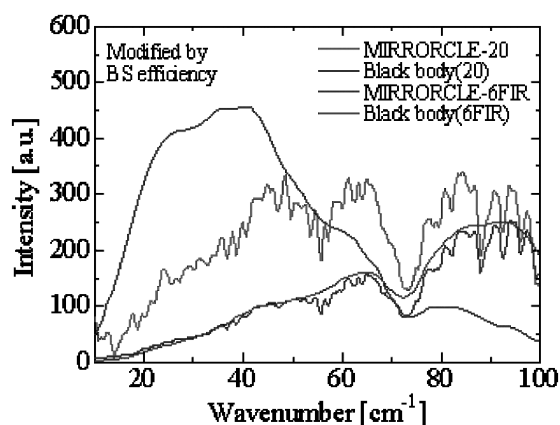


図2 実測されたMIRRORCLE-20と6FIRの遠赤外線スペクトル強度。ポリエチレンスプリッターにより波数 20 cm^{-1} 以下はカットされている。使用したアパチャーは 2 mm である。

のデザイン強度を図1に掲げる。20 MeV “みらくる”のX線強度が、現在一桁低い状況であるが、加速空洞の改良によりしばらくして達成できる見込みである。

6 MeV “みらくる”のFIR臨界波長は $300\text{ }\mu\text{m}$ であり、セラミクスヒーター内部光源と比較して40倍以上の強度をFTIRで観測している。FTIRで計測した遠赤外線スペクトル強度を図2に掲げる。

最後の講演は、ベルギーのLeuven大学教授である、J-P. Locquet氏によりなされた。最近、ヨーロッパにおいて“みらくる”の導入を決定する研究機関が相次いで現れ、それを受けてEU連合研究機構は、“みらくる”用各種ビームラインの開発に補助金を出すことを決定した。ヨーロッパでは、ESRFが需要を吸収しきれなくなっており、各国に小型放射光源を配備する方針を決定したものである。Locquet氏は、BLデザインプロジェクトの責任者であり、今回打ち合わせをかねて来日した。プロジェクトは、EU-Japan コラボレーションとして1月にスタートした。

EUの設備補助金であるFP7を日本の大学に支給する初めての試みである。

4名の講演に対して、会場からは、“みらくる”の導入を検討するための様々な質問があった。とりわけ、蛋白質構造解析やイメージングに対する質問が多くあった。

企画5 「超高輝度 EUV 光源が拓く新しい光科学—FELと高次高調波レーザー」報告

柳下 明 (KEK-PF)

趣旨

我が国においては、VUV・SXユーザーが大いに期待していたVUV・SX専用の第三世代の光源は実現に至らなかった。しかしながら、理研のXFELプロジェクトが国家基幹技術として認められたことは、VUV・SXユーザーにとっても大変に喜ばしいことである。本企画講演では、プロトタイプのXFELおよびXFELからどのようなレーザー光が得られるかを知らした上で、そのレーザー光を使ってどのような新しい光科学が展開するのかを議論することを目的とした。

講演と質疑応答

イントロダクションとして最初に、KEK-PFの柳下が趣旨説明をおこなった。柳下は加速器をベースとした光源の推移の概要を述べ、プロトタイプのXFELおよびXFELの中間のエネルギー領域が抜け落ちないように配慮する必要があることを指摘した。また、FLASHの実験結果の一例を示して、EUVのレーザー光は新しい光科学を拓くであろうことを強調した。

理研の石川講師は、プロトタイプのXFELに重点を置いてXFELプロジェクトの全容を説明した。プロトタイプ機の性能および量産体制になった時のプロトタイプ機のコスト(10億円以下)について、活発な質疑応答がなされた。プロトタイプ機の性能アップによって、より短波長のレーザー光を出せること、XFELの一本は軟X線領域のレーザー光を出せるようにする計画であることを聞いたことは、VUV・SXユーザーの聴衆を大いに勇気づけたのではなからうか。石川講師によれば、“新しい光源は必ずや新しい文化を生む”とのことである。残念ながら、このことについては質問が出なかった。

UCLAのSong講師は、SPring-8のX線およびTi/sapphireレーザーの高次高調波(29 nm)を使った、Coherent Diffraction Imagingの綺麗な画像を沢山紹介した。29 nmのレーザー光をつかったイメージは、X線を使ったものに較べて、空間分解能は劣るがコントラストは優れているということであった。この講演から、“新しい文化”の息吹を感じることができた。

理研の緑川講師は、高次高調波の発生原理からそのキャラクター化まで大変に分かりやすく紹介した。聴衆にはレーザーの専門家が殆んどいなかったのであまり質問は出なかったが、プロトタイプ機の関係者には高次高調

波レーザー光のコヒーレンスの高さは脅威に思われたようである。高次高調波と原子・分子との非線形相互作用の例として、He 原子の二光子・二電子電離の見事な実験例などを紹介した。

東大の佐藤講師は、昨年の秋から冬にかけてプロトタイプ機の50 nm の SASE 光でおこなった N₂ 分子の二光子・二電子電離の非線形相互作用の実験結果を報告した。この実験は、EUV-SASE 光を使っておこなった我が国で最初の記念すべきものである。この実験結果から、shot-to-shot の SASE 光パルスの強度のバラツキは20%と報告された。マシンの研究者は10%のバラツキと報告していたので、両者の食い違いが指摘された。10%のバラツキはゲインが飽和した領域 (60 nm) のものであって、飽和の少し手前の50 nm では20%のバラツキは矛盾しないということであった。

本企画講演はおおよそ90名の参加者であった。講演時間が短くて、十分に議論の時間が取れなかったことが悔やまれるが、“新しい光源は必ずや新しい文化を生む”流れ、新しい光科学の夜明けを、多くの参加者に実感していただくことができたものと思われる。

企画6 「コンパクト ERL が拓くサイエンス」報告

河田 洋 (KEK)

趣旨

次期放射光光源としてエネルギー回収型加速器 (ERL) の開発が KEK を中心として進められている。その実現に向けて第1段階として、数10 MeV クラスのコンパクト ERL の建設を行い、ERL 加速器の要素技術を開発するとともに、それによって得られる特徴ある光源である、短パルスを利用した THz 領域の大強度コヒーレント放射光、レーザー逆コンプトン散乱による準単色短パルス X 線が考えられ、それを利用したサイエンスの展開が議論されている。本企画では、その光源および利用研究の可能性・期待に関する議論の場を持つことを目的として1月14日9時から行われ、約85名の研究者が参加した。

講演と質疑応答

まず、河田 洋 (KEK) 氏から上記の企画の趣旨説明の後、「ERL プロジェクトとコンパクト ERL の位置付け」に関する講演が行われた。次世代放射光光源として ERL は第3世代光源と比較して輝度で2~3桁、パルス幅で2~3桁の飛躍があり、その実現に向けて KEK が中心となって進めている。その前段階として60 MeV 程度の加速エネルギーである「コンパクト ERL」の建設が、加速器要素技術開発としての位置付けだけではなく、テラヘルツ領域の大強度のコヒーレント放射光、およびレーザー逆コンプトン散乱 X 線源の利用研究が考えられる。加速器技術開発と利用研究を両輪にしてプロジェクトを進め、実機の建設に結びつけていく。

原田健太郎 (KEK) 氏から「CSR による大強度 THz

光源およびレーザー逆コンプトン散乱 X 線源の可能性」の講演が行われた。ERL での加速器技術としての克服すべき要素技術を明確にした後に、ビーム力学として期待されるパンチ幅とそれによって期待される CSR による THz 光源の可能性、その強度見積もり ($\sim 10^{16}$ 光子/sec/mrad²/0.1%b.w.) が報告された。またレーザー逆コンプトン散乱 X 線源に関してもその強度見積もりも報告された。

木村真一 (UVSOR) 氏からは「大強度 THz 光源への期待」というタイトルのもと、現状の放射光光源での利用研究とその延長線上の局所領域の電子状態の測定や現状では不可能である大強度 THz 光を励起源としての利用研究、特に半導体中のドーパした原子種を選別した拡散過程の促進、THz 光照射による光誘起現象の解明といった野心的な提案が行われた。

最後に、百生 敦 (東大大学院) 氏から「レーザー逆コンプトン散乱 X 線源による X 線イメージングへの応用」というタイトルのもと、同氏が開発を進めている Talbot 干渉計による X 線位相イメージングが、50 μ m 程度の微小光源から発生する10%程度のバンド幅を持つレーザー逆コンプトン散乱 X 線源のコーンビームと非常に良いマッチングがあり、分光結晶を用いて X 線強度を犠牲することなく利用することが可能であることを示した。

企画7 「高・低エネルギー放射光が照らすタンパク質結晶構造解析の新展開」報告

渡邊信久 (名古屋大), 山本雅貴 (理研)

趣旨

タンパク質など生体高分子の立体構造と機能の解析から生命現象の解明を目指す構造生物学研究は、放射光利用によるタンパク質結晶構造解析によって強力に推進されている。これまでの主流はセレン原子の異常分散を利用する多波長異常分散法 (MAD 法) が主流であったが、近年の解析手法の進歩によって吸収端での測定にこだわらない解析が可能になり、高エネルギー、低エネルギーの X 線を縦横に使用した解析が行われるようになりつつある。本企画では、タンパク質結晶構造解析において広がりつつある利用エネルギー領域の意味と有効性について議論することを目的とした。

講演と質疑応答

本企画は、渡邊による趣旨説明の後、山本の座長によって講演が進行され約45名の研究者が参加した。以下、各講演の要旨と質疑を簡単にまとめて報告する。

1. 「タンパク質結晶構造解析における測定 X 線エネルギーの影響」 清水伸隆 (SPring-8, JASRI)

33 keV から 6 keV の範囲で回折データ収集とその放射線損傷の関係が報告された。清水氏の実験結果は、タンパク質結晶の放射線損傷の進行は使用する X 線のエネルギーによらず放射線量 (dose) に比例というものであり、

これは高エネルギー X 線の使用が放射線損傷を軽減するというこれまでの「感覚」をくつがえす、非常に興味深いものであった。質疑では、清水氏の実験結果とヘンダーソン限界との関係が議論された。

2. 「放射光超高エネルギー X 線を利用したタンパク質結晶構造解析」 竹田一旗 (京大)

35 keV の高エネルギー X 線を利用し、Xe や I の異常散乱を用いる位相決定法の試行結果が報告された。タンパク質結晶構造解析で通常使用している CCD 検出器の高エネルギー領域での感度低下の問題を指摘して、ESRF の 55.6 keV の実験結果では IP を使用した測定が優位であったことも紹介された。

3. 「S-SAD 法の可能性—SPring-8 & SAGA-LS での実践—」 河本正秀 (JASRI)

講演開始直後に液晶プロジェクタが故障するというトラブルがあったが、イオウ等の軽元素の異常散乱を用いる SAD 法と、測定に使用する X 線のエネルギーの関係 (最適エネルギー) について報告された。SPring-8 の他 SAGA-LS での 6 keV 以下の低エネルギー実験の試行結果も報告され、4.2 keV までの範囲では、より低エネルギーの使

用が良好な位相決定結果をもたらすという、EMBL の M. Weiss らの報告をくつがえす結果が報告された。

4. 「フォトンファクトリーにおける低エネルギー利用実験の実践と今後の展開」 山田悠介 (KEK-PF)

低エネルギー X 線を用いる S-SAD 法を汎用手段にするためのビームラインとして PF に整備されている BL-17A について、整備状況とテストデータによる解析例が報告された。また、さらに 4.3 keV までの低エネルギー利用をターゲットとして整備が計画されている BL-1A についても概要が報告された。

以上のように、今回の企画では、タンパク質結晶構造解析でのより広範なエネルギー領域とりわけ S-SAD 法を標的とした低エネルギー X 線利用への積極的な取組みが議論された。これまで、低エネルギー X 線の利用はタンパク質結晶の放射線損傷が問題とされて来たが、放射線損傷は X 線のエネルギーによらず放射線量に比例することが示され、また現在利用可能な範囲では、より低エネルギーの使用が好ましいことが確認された。専用ビームラインの整備と合せて、今後の発展が期待される。