

## 研究会等の報告／予定

### 第 27 回 PF シンポジウム日程のお知らせ

PF シンポジウム実行委員長 五十嵐教之 (KEK・PF)

第 27 回 PF シンポジウムは、2010 年 3 月 9 日 (火) ～ 10 日 (水) の 2 日間に開催されることが決まりました。第 26 回と同様、エポカルでの開催を予定しております。上記の期間は、PF、PF-AR のユーザー運転を停止して開催する予定ですので、皆さま奮ってご参加下さいますようお願い致します。

また、PF シンポジウムはユーザーが一同に会する貴重な機会ですので、できるだけユーザーグループミーティングの開催をお願いしたいと思います。今回は、前日の 3 月 8 日 (月) の夕方に開催できるよう、なるべく PF 側で場所を確保したいと思います。追ってユーザーグループミーティング開催のアンケートを取りたいと思いますので、御協力のほどよろしくお願い致します。

実行委員会の設置や詳しいプログラムなどは、決まり次第ホームページや PF ニュースで皆様にお知らせ申し上げます。PF シンポジウムに関してのお問い合わせは pf-sympo@pfiqst.kek.jp まで御連絡下さいますようお願い申し上げます。

### 物構研シンポジウム '09 「放射光・中性子・ミュオンを用いた表面・界面科学の最前線」開催のお知らせ

物質構造科学研究所長 下村 理

今年度の物構研シンポジウムでは、「放射光・中性子・ミュオンを用いた表面・界面科学」を中心テーマに選びました。最近の薄膜や人工格子作成技術の進歩には目を見張るものがあります。これらの高品質な試料によって初めて実現されるバルク試料とは全く異なった物性は、表面や界面といった 2 次元の世界でのみ起こる大変興味深いものです。この研究分野は、基礎研究として重要であるだけでなく、スピントロニクスなどへの応用研究として、現在最も注目されている研究分野の一つです。また、ハードマターだけでなくソフトマター系においても界面構造の研究は、その機能と深く関連して重要なテーマになっており、物質と生命を繋ぐ系として今後の発展が期待されています。

本シンポジウムの講演は 4 つのセッションに分かれています。これらは物構研・構造物性研究センターで推進している研究プロジェクトと深く関連しています。第 1 セッションでは、物構研のプロジェクト「量子ビーム基盤技術プログラム—軟 X 線の高速偏光制御による機能性材料の探求

と創製—」に関連した講演が中心に行われます。第 2 セッションでは、強相関電子系科学と表面・界面科学との接点である強相関薄膜・人工格子系を対象として、その機能と構造をテーマに講演が組まれています。第 3 セッションでは、表面・界面科学とは直接的な関連はありませんが、高圧物性と地球惑星科学の最先端の話題に関する講演を聴くことができます。第 4 セッションでは、ソフトな界面の構造と物性と題して、高分子から生物物質系までを対象とした研究の講演が予定されています。

PF ユーザーの皆様には、昨年度の物構研シンポジウムと同様に、是非積極的にご参加いただき、活発な議論を通して、新しいサイエンスの芽を見つけて頂けることを期待しています。

### 会議要項

**日時：**平成 21 年 11 月 17 日 13:00 - 18 日 16:40

**場所：**つくば国際会議場 (エポカルつくば)

**主催：**高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所  
**協賛 (予定)：**日本物理学会, 日本放射光学会, 日本中性子学会, 日本中間子学会, 日本結晶学会, 日本高圧力学会  
**参加費：**無料

**参加申込方法：**

シンポジウムホームページの参加申込フォームにてお申込下さい。旅費のサポート、宿泊を希望される方は 10 月 16 日 (金) までにお願いします。旅費、宿泊を伴わない参加申込は当日まで受け付けます。

\* 出張旅費についてはなるべくサポートさせていただきますが、予算に限りがあるため、全員の方にサポートできない場合もあります。どうぞ予めご了承下さい。出張旅費の支給の有無については締切日以降なるべく早くご連絡させていただきます。

\* 宿泊施設として KEK 共同利用者宿泊施設 (ドミトリ) シングルバストイレ無し (1500 円・20 部屋) をご用意しました。KEK 外での宿泊については外泊料金 (一般 6000 円, 学生 4800 円) が適用されます。

**ポスターセッション：**今回はポスターセッションも開催します。ポスター発表を希望の方はシンポジウムホームページ参加申込フォームよりご応募下さい。

ポスター発表申込締切：10 月 2 日 (金)

ポスター要旨締切：10 月 16 日 (金)

**懇親会：**11 月 17 日 (火) 18:40 ～ 20:40

エポカル内 1F レストラン「エスポワール」にて (会費：5000 円)

**問い合わせ先：**物構研シンポジウム '09 事務局  
(imss-sympo@pfiqst.kek.jp)

**シンポジウムホームページ：**<http://imss-sympo.kek.jp/2009/>

**プログラム (予定) :****【11月17日(火)】**

13:00-13:20 : Opening

13:20-15:30 : スピントロニクス材料 ―次世代デバイスの開発を目指して― 量子ビーム基盤技術開発プログラム : 軟X線の高速偏光制御による機能性材料の探求と創製 (セッションリーダー: 雨宮健太・物構研)

藤森 淳 (東大) 「軟X線磁気円二色性によるスピントロニクス材料の研究」

湯浅新治 (産総研)

下村浩一郎 (物構研)

黒田真司 (筑波大)

15:30-15:50 : 写真撮影

15:50-16:10 : 休憩

16:10-18:20 : 強相関薄膜 ―機能と構造―

(セッションリーダー: 中尾裕則・物構研)

澤 彰仁 (産総研) 「強相関酸化物ヘテロ界面の相競合と新規物性」

組頭広志 (東大) 「その場放射光電子分光による強相関ヘテロ界面の電子状態の研究」

岡本 淳 (物構研) 「共鳴軟X線散乱による薄膜秩序構造の研究」

石原純夫 (東北大) 「理論から強相関薄膜の放射光実験に期待すること」

18:40-20:40 : 懇親会

**【11月18日(水)】**

9:00-11:10 : 高圧物性と地球惑星科学

(セッションリーダー: 近藤 忠・阪大)

鍵 裕之 (東大)

竹村謙一 (物材機構) 「高圧研究の新しい地平をめざして: 静水圧実験へのチャレンジ」

久保友明 (九大)

鈴木昭夫 (東北大) 「高圧力下でのX線イメージングによる地球惑星物質の研究」

11:20-14:00 : ポスターセッション

(コアタイム: 11:20-12:00, 13:20-14:00) + 昼食

14:00-16:10 : ソフトな界面の構造と物性 ―物質と生命をつなぐもの― (セッションリーダー: 瀬戸秀紀・物構研)

高原 淳 (九大) 「量子ビームを用いたソフトインターフェースの分子鎖凝集状態評価」

今井正幸 (お茶大) 「脂質膜上でのナノドメインの静的および動的構造」

田中 求 (ハイデルベルグ大) 「Role of Oligo- and Polysaccharides in Modulation of Biological Interfaces」

小林俊秀 (理研) 「X線, 中性子線散乱を用いた膜脂質ダイナミクス研究」

16:10-16:30 : Closing

**先端研究施設共用促進事業 (産業戦略利用) 講習会 XAFS 講習会 (入門実習編) 開催のご案内**

先端研究施設共用促進事業 新田 清文

先端研究施設共用促進事業 阿刀田伸史

放射光科学第二研究系 仁谷 浩明

放射光科学第二研究系 野村 昌治

材料研究の有力な手段となっているX線吸収微細構造 (XAFS: X-ray Absorption Fine Structure) 法の利用を考えておられる産業界の方々を主な対象として, 講習会 (入門実習編) を行います。講義による理論と実験の基礎に加え, 測定実習による実践的な知識の習得に重点をおきます。実習では, 基本的な検出法のほか, 特に微量成分の測定に適した蛍光法を取り上げます。ご希望により, 持参された試料の測定を行うことも可能です (要事前打ち合わせ)。フォトンファクトリー (PF) を利用して XAFS を導入したいと考えている方の参加を歓迎します。

**日時:** 2009年10月22, 23日

**会場:** 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所  
放射光科学研究施設 研究棟2階会議室  
(茨城県つくば市大穂 1-1)

**参加費:** 無料 (ただし懇親会は有料)**プログラム:**10月22日

12:00 受付

13:00 事務連絡

13:05 先端研究施設共用促進事業について (KEK-PF・阿刀田伸史)

13:20 XAFS 講義① XAFS の基礎理論 (弘前大学・宮永崇史)

14:20 XAFS 講義② XAFS 実験の基礎 (KEK-PF・仁谷浩明)

15:30 ビームライン, 化学試料準備室などの見学, 希望試料の調製等

19:00 懇親会

10月23日

09:30 XAFS 測定実習①

12:00 昼食, 休憩

13:00 XAFS 測定実習②

15:00 希望試料の測定

注) 実習に当たっては, 放射線業務従事者としての登録が必要となります。

参加申し込みや交通の案内などについては下記のホームページをご覧ください。

URL: [http://pfwww.kek.jp/innovationPF/innov\\_xafs.html](http://pfwww.kek.jp/innovationPF/innov_xafs.html)**問い合わせ先:** 先端研究施設共用促進事業 新田清文Email: [nittak@post.kek.jp](mailto:nittak@post.kek.jp)

## ERL サイエンスワークショップ報告

放射光科学第二研究系 足立伸一  
放射光科学第一研究系 雨宮健太  
放射光科学第二研究系 中尾裕則  
放射光科学第二研究系 平野馨一  
ERL 計画推進室 河田 洋

2009年7月9日から7月11日までの3日間に亘って、ERL サイエンスワークショップ (<http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/ERL/workshop/>) を開催しました。ERL サイエンスに関する研究会としては、2008年3月のPFシンポジウムに合わせて第1回研究会を開催しましたが、今回はサイエンスの講演に留まらず、ERL サイエンスを進める上で必要不可欠な技術的検討課題（光源・光学素子・検出器・測定手法開発など）を講演者と参加者間の議論により浮き彫りにすることを目的とし、「ワークショップ」の形式を強く意識しています。ちなみに、今回のこのワークショップ開催に至るまでには、以下のような時系列で下準備が進められてきたことを記しておきます。



- 2008年9月16日のERL計画推進委員会において、ERLサイエンスに関する議論を促進するために、ERLサイエンスに関する戦略会議（ブレインストーミング）を設置することを諮問。
- 並河一道氏（東京学芸大）を座長とするERLサイエンスに関するブレインストーミング（2008年11月5日、11月28日、12月26日の3回）を開催。ERLサイエンスの系統的な洗い出しを行い、最終的に以下の4つのテーマについて、2009年6月から7月にワークショップを開催することを決定。

【テーマ】

時間分解測定法  
不均一系の科学  
時空間スケールの階層構造  
極限を実現する装置・光学系

【世話人】

足立伸一  
雨宮健太  
中尾裕則  
平野馨一

- 河田 ERL 推進室長と世話人4名で、各テーマに沿った講演者の人選を行い、講演を依頼した。同時にワークショップ開催日程、ワークショップでの議論の進め方と取りまとめ方法などについて議論を進め、最終的に、7月9-11日に開催することとなった。



まずは、各セッションのご講演内容について、振り返ってみます。

### 【セッション1：ERL計画・光源概要 座長：春日俊夫氏（KEK）】

まず、物質構造科学研究所下村理所長の挨拶で、KEKのERL計画を取り囲む内外の状況と、その現実に向けて本ワークショップへの期待が述べられました。



ワークショップ開催に当たり、挨拶をする下村理物構研所長。

最初のセッションでは、全体の導入部として、まず河田からERL計画全体の概要について説明を行いました。引き続き、このワークショップに至るまでの議論の経緯について、ERLサイエンスに関する戦略会議の取りまとめを行われた並河氏からご説明いただき、続いて現在検討を進めている5 GeV ERLの加速器仕様について、KEK加速器7系の坂中氏が説明を行いました。

### 【セッション2：時間分解測定法による物質研究 座長：腰原伸也氏（東京工業大学）】

このセッションでは、時間領域サイエンスの最先端についてご講演いただくとともに、ERLを時間分解X線測定用光源とするサイエンスの展望、フェムト秒以上の時間領域で放射光測定を行うための技術的な問題点についてご議論いただきました。

まず田中義人氏（理研・播磨研究所）から、主に技術的な側面についてご講演いただきました。これまでご自身が理研XFELのタイミング系およびレーザーとの同期システムを開発されてきた経験から、遅延時間制御、ジッター制御、高繰り返し現象を扱うための技術開発等についてご指摘いただきました。特に、「ERLはフェムト秒からCWまでの時間領域を連続的にカバーできる唯一の放射光源である」というご指摘は、まさにERL光源の本質を突いたものであり、今後ERLサイエンスの特徴の一つである「時間領域の階層性を対象としたサイエンス」の検討を進める上で、その論理的基盤を極めて明解にお示しいただいたと思います。

田原太平氏（理研・基幹研究所）は、超高速分光法による分子科学研究分野を世界レベルで牽引されている第一人者であり、今回はご自身の多くのご研究の中から、最近Scienceに掲載されたスチルベン分子の光異性化反応のフェムト秒ダイナミクスの全貌についてご講演いただきました。その内容は励起状態の分子がフェムト秒オーダーで時々刻々と構造を変えてゆく姿をリアルタイムで捉えるというもので、まさに圧巻の一言でした。また講演の最後には、この分子科学分野における時間分解X線測定への期待と共振器型XFELを用いた応用実験への提言をレーザー研



「反応する分子の超高速実時間構造追跡、そして次世代放射光への期待」についてご講演頂いた田原太平氏 (理研・基幹研究所)。

研究者の立場から挙げていただきました。

稲田康宏氏 (立命館大学) は、物質化学の立場から金属原子が関与する光触媒反応などの可逆・不可逆過程を捕らえる手段としての XAFS 法の有用性を示され、稲田氏ご自身がこれまでに開発されてきた波長分散型 XAFS(DXAFS) 測定装置による時間分解 XAFS 測定について、現状と将来展望についてお話いただきました。今後 DXAFS 法が、広い時間領域に渡る不可逆過程の化学反応を in-situ で捉える最も有力な手法となり、その重要性が今後益々高まることを予感させました。

このセッションの最後に、岩井伸一郎氏 (東北大学) から強相関電子系の光誘起相転移におけるフェムト秒ダイナミクス研究の意義についてご講演いただき、赤外・テラヘルツ超高速分光の現状が示されました。特に有機伝導体を対象とした研究においては、光による価数制御やバンド幅制御が超伝導や強誘電性など多彩な物性制御を導く可能性が示されるとともに、金属相ドメインが光によってどのように生成・発展してゆくのかについての知見が重要であり、広い時間領域での X 線動的散乱測定が有効な測定手法となる点が指摘されました。

### 【セッション 3：不均一系の科学 座長：朝倉清高氏 (北海道大学)】

不均一系と言ってもあまりにも範囲が広く、極端に言えば完全結晶以外はすべて不均一系になってしまうわけですが、このセッションでは特に、通常の透過型のイメージングでは観測できない、あるいは観測しにくいような研究対象について、4 人の方にご講演いただきました。

まず佐々木裕次氏 (東京大学) からは、究極の不均一系とも考えられる、1 分子計測についてのお話をいただきました。これはタンパク質を直径 20-50 nm 程度のナノ結晶でラベルし、このナノ結晶からのラウエパターンの動きを観測することで、1 つ 1 つの分子 (たんぱく質) の動きを  $\mu\text{s}$  から  $\text{ms}$  の時間オーダーで追跡するものです。佐々木氏は、カリウムイオンを選択的に通すたんぱく質分子が、構造を変えることでイオンの通り道を開けたり閉じたりす

る様子を示されるとともに、ERL 光源による高速・高精度化はもちろんのこと、新しい方法論の可能性も含めて、最終的には「一分子機能制御」への期待を述べられました。

岩佐義宏氏 (東北大学) は、液体であるイオン伝導体と固体である電子伝導体の界面に着目し、液体中のイオンが界面において電気 2 重層を形成することによって生じる、極めて強い電界を利用した新しい物性の発現についての研究を紹介されました。具体例としては、非常に低い電圧で動作する電界効果トランジスタや、電界効果による金属-絶縁体転移、さらには超伝導の発現まで、大変興味深いものでした。このような固液界面において、分子が本当にどのように配列しているのかは、実はまだ解明されておらず、光源の進歩とともに界面を一分子レベルで観測する測定技術の開発が強く望まれます。

高梨弘毅氏 (東北大学) には、スピントロニクス材料の開発をされている立場から、開発の現状と課題についてご講演いただきました。情報記録の高密度化の鍵となる磁気抵抗素子について、その発展の歴史から現在の課題、特に高い磁気抵抗比と低い抵抗値の両立に向けた様々な工夫と苦労を紹介されるとともに、界面における構造と磁気状態を原子レベルで制御することが極めて重要であることを強調されました。また、最近注目されている「スピン流」という概念を紹介され、放射光を用いたスピンドイナミクス観測への期待が述べられました。

最後に近藤寛氏 (慶應大学) から、表面における化学反応についてご講演を頂きました。化学反応中の表面では、反応に関与する分子が吸着、拡散、凝集、脱離などを動的に繰り返しており、それが時々刻々と変化することで反応が進行していきます。近藤氏はまず、これまでに放射光を用いて行ってきた秒から数十 ms オーダーのキネティクス、すなわち化学種の量の時間変化の定量的な追跡とシミュレーションを組み合わせ、中間体を含めた反応種が表面上で複雑に絡み合っている反応が進行する様子を紹介されました。さらに新しい実験技術を用いたより実用条件に近い反応の追跡や、ERL 光源の時間構造を用いたダイナミクス研究



「先端 1 分子計測と次世代放射光の役割」についてご講演頂いた佐々木裕次氏 (東京大学)。



会場の様子

への期待を述べられました。

これらの研究を一言でまとめることはできませんが、ERL 光源への期待として、nm レベルの位置分解能（ナノビームおよびイメージング）と ps から ms にわたる広い範囲での時間分解能が挙げられます。これを実現するには、光源の性能の飛躍的な向上はもちろんですが、不均一系を観察するための実験技術の開発が急務であると感じました。

昼食後、文科省大型放射光施設利用推進室 / 量子放射線研究推進室の林 孝浩室長から来賓の御挨拶を頂きました。まず、PF、および PF-AR の大学共同利用放射光研究施設が多くの研究成果のみならず多くのこの分野を牽引する人材を輩出してきていることを述べられ、PF が大きな役割を担ってきていることの認識をいただきました。続いて将来計画を考える際に、それぞれの施設の立場からだけではなく、オールジャパンとしての「放射光施設の将来像はこのようにあるべき」と言うグランドデザインの構築の重要性を述べられ、このワークショップが実りあるものとなることを期待するという形で結ばれました。

#### 【セッション 4：時空間スケールの階層構造 座長：雨宮慶幸氏（東京大学）】

本セッションでは、ERL 光源の重要な特徴である「X線コヒーレンス」を利用したコヒーレント回折、スペckル散乱、X線光子相関分光などの空間・時間相関を捉える研究のハード・ソフトマター、生物系それぞれにおける現状と問題点、さらに次世代光源である ERL への期待を述べて頂きました。

まず池田直氏（岡山大学）から、物性物理でのスローダイナミクスと物性発現との関係の研究例として、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  の電荷秩序配列を起源とする新奇な誘電体  $\text{RFe}_2\text{O}_4$  での研究を紹介頂きました。この研究は、すでに 20 年以上に渡り同氏が研究しているものの、依然として磁場誘電応答や特異な電界効果など新たな物性が次々と発見されていること、また、Fe の電荷・軌道フラストレーションを起源とするスローで大きな揺らぎがこれらの物性発現に大きな役割を担っている可能性が指摘されました。しかしなが

ら、これまでの観測技術では、この揺らぎの時間・空間相関を捉えるには至っておらず、コヒーレント X 線を用いた実験への期待が述べられました。

大和田謙二氏（JAEA）から、近年盛んに研究が行われている強誘電体、リラクサー、巨大磁気抵抗効果、電気磁気効果などでは、ドメインの揺らぎが起源となって巨大な外場に対する応答が生じると考えられているものの、現状でこのような揺らぎを観測する手段がほとんどないことがまず指摘されました。次にこのようなドメインの時間・空間揺らぎを捉えることが可能なコヒーレント X 線を用いたスペckル散乱+強度揺らぎ分光法の、SPring-8 BL22XU での現状とその問題点をリラクサーでの研究を例として紹介頂きました。特にコヒーレントフラックスが少ないものの、強度の強い反射を用いることで、リラクサーでの相転移温度近傍でのスローな揺らぎが捉えられるようになったことは、今後のこの分野の発展を期待させました。

中迫雅由氏（慶應大学）からは、バイオサイエンスにおいてミクロンからサブミクロンの細胞内の構造体をナノメートルの解像度で明らかにすることの重要性が指摘されるとともに、XFEL での実験研究に向けた様々な実験装置の開発状況や、測定したスペckルパターンの解析の検討状況が紹介されました。特に講演の最後に出されたある映画の実空間と逆空間の同時上映が大変印象的で、実空間でのわずかな変化が、スペckルパターンへ大きく影響することを指摘され、今後の逆空間から実空間への変換アルゴリズムの検討の重要性を説明頂きました。その後の議論で大いにこの点が議論となりました。

最後に篠原佑也氏（東京大学）より、ソフトマター系ではナノメートルからミリメートルまでの幅広い構造の階層性が存在し、どの空間領域で、どのような揺らぎが存在するのかを系統的に研究することがソフトマターの物性を理解する上で重要であることを説明頂きました。その後、具体的なゴム中のカーボンブラックの空間相関の測定、さらに X 線光子相関分光測定を行うことで、明瞭な時間相関の温度依存性の観測に成功されていることを紹介頂きました。また、ERL に期待することとして、高輝度と高分解能力カメラを組み合わせることで同じ実験条件での超小角から大角まで同時に測定の可能性や、コヒーレント光の利用



「細胞内空間階層構造のコヒーレントイメージング」についてご講演頂いた中迫雅由氏（慶應大学）。

のメリットである逆空間の測定から実空間像への変換をする形での研究、さらに、マイクロビームを用いた実験など、来るべき ERL での研究の可能性も紹介頂きました。

### 【セッション 5: 極限を実現する装置・光学系の検討 座長: 松下 正氏 (KEK)】

このセッションでは、極限を実現する装置として共振器型 X 線自由電子レーザー (X-FELO) と SOI 次世代高速二次元検出器について、また、極限を実現する光学系・光学素子として高純度人工ダイヤモンド結晶とナノ集光素子・集光光学系についてご紹介頂きました。

まず玉作賢治氏 (理研播磨) から X 線光学素子用の高純度人工ダイヤモンド結晶について紹介していただきました。ダイヤモンド結晶は X 線の吸収が小さく、高い熱伝導度と小さい熱膨張係数を持つため、次世代放射光源用の高熱負荷分光結晶として大いに期待が寄せられています。さらに、最近では X 線共振器や X 線非線形光学等への応用も考えられています。現在入手可能な IIa 型の高純度人工ダイヤモンド結晶はかなり完全性が高く、分光・回折実験に対してはすでに十分な性能を有しています。しかし、高いコヒーレンスを持つ X 線ビームを扱うには表面処理技術のさらなる向上が必要であり、現状ではイメージング実験には使えないという指摘がなされました。講演後の質疑応答では、高純度人工ダイヤモンド結晶の入手先について議論がかわされました。高純度ダイヤモンド結晶の供給元は世界的に見ても数社に限られており、採算性などの問題により今後も安定的に入手できるとは限りません。この問題は放射光科学の将来にも関わる重大な問題なので、放射光施設間で協力してこの問題に取り組むことが望まれます。

次に新井康夫氏 (KEK) が SOI 高速次世代二次元検出器開発の現状について紹介されました。KEK で開発が進められているピクセルアレイ検出器 (pixel array detector, PAD) は従来のものと比較すると、SOI 技術を利用して放射線センサーと読み出しエレクトロニクスを一体化した点に特徴があります。これにより高速読み出し、高分解能化、低価格化が実現でき、放射線への耐性も強まります。また、PAD ではピクセルごとに高機能なデータ処理回路を搭載できるため、従来不可能であったような計測も可能になります。すでに数種類の素子が開発されており (例えばピクセル数  $128 \times 128$ 、ピクセルサイズ  $20 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ )、イメージング実験や放射光による評価実験等も行われています。この他にも Buried P-Well (BPW)、Vertical 3D Integration、SOI APD Pixel 構造等の R&D も進められています。ワークショップ全体を通して検出器の性能向上、特に時間分解能の向上 (~数 MHz) を望む声が高く、今後これらの要望にどう応えていくかが重要な課題です。

三番目に羽島良一氏 (JAEA) から共振器型 X 線自由電子レーザー (X-FELO) についてご紹介いただきました。これまで長きにわたり「X 線領域で共振器型レーザーを実現するのは無理」と考えられてきたわけですが、電子銃、超伝導加速器、X 線光学などのたゆまぬ進歩のおか



「X-FELO の原理と光源特性」についてご講演頂いた羽島良一氏 (JAEA)。

げで、ついに共振器型 X 線レーザーが射程に入ってきました。羽島氏らは Kim らとは異なる計算法を採用し、共振器でのブラッグ反射による位相変化をも考慮してシミュレーションを行いました。その結果 5 GeV のエネルギーで典型的な ERL のパラメーターを仮定した場合 (40 pC, 2 ps, 0.1 mm-mrad)、28% の利得が得られることが示されました。これなら共振器で 90% 程度の反射率さえ確保できれば、レーザー発振を実現することができます。取り組むべき開発課題は多いですが、X-FELO が実現されたときのインパクトの大きさを考えると大いにやりがいのある仕事だと思われます。ワークショップ開始時には「X-FELO は ERL のオプション」という認識が示されましたが、ワークショップが進むにつれて「X-FELO は ERL とならぶ大きな目玉になりうる」という声が高まっていったのが実に印象的でした。また、文科省の林室長から「従来反射鏡を用いた共振器型 FEL は X 線領域では困難と言う認識だったと理解しているが、どのような技術開発によって可能性が言及されるようになったのか？」という質問をされたことも印象に残っています。

セッション最後は竹内晃久氏 (JASRI) から X 線ナノ集光素子・ナノイメージングについてご紹介いただきました。まず、SPring-8 で現在行われている X 線ナノイメージングの現状 (空間分解能、位相分解能等) について、次に X 線ナノ集光素子の現状と展望についてお話しいただきました。ミラーやゾーンプレートのような既存の集光素子の場合、到達可能な集光サイズは ~10 nm あたりであること、しかし複合屈折レンズでは ~2 nm、多層膜ラウエレンズでは ~1 nm になることが指摘されました。続いて X 線 CT の場合、焦点深度等の問題により到達可能な空間分解能はレンズの性能によってほぼ決まり、~30 nm 程度になることが指摘されました。今後 ERL に向けて、レンズを使用した大視野・低分解能イメージングとレンズを使用しない小視野・高分解能イメージングの統合・複合化が重要な課題の一つになると考えられます。

このセッションには全部で 4 件の講演があり、話題は光源、光学素子、検出器とかなり広範に及びました。その中

で特に強く感じた点は、光源の開発に力を入れるだけでなく、光学素子や検出器の開発にも同時に取り組む必要があるということです。光源が実現したとしても、その性能を十分に活かせる光学素子や検出器がなければ、先端研究を遂行するのは困難です。また、光源、光学素子、検出器の開発には、明確な開発目標が必要です。今回のワークショップはこの開発目標設定のための大きな一歩であったといえます。

最終日の7月11日には、2日間に渡って行われたワークショップで提示された様々な課題を整理し、今後の開発課題と活動の方向性を議論する最終セッションを設けました。まず座長の並河氏が初日に示した第3世代光源、ERL、そしてXFELの図の中にX-FELOを明記したスライドを示し、このワークショップでX-FELOのインパクトの高かったことを示しました。これに続いて、各セッションの世話人が、セッション毎に提起された論点を取りまとめて発表しました。

まず足立が【セッション2：時間分解測定法による物質研究】の講演をレビューしました。ERLの特徴として「フェムト秒からCW領域まで時間構造を連続的にカバーできる光源」「非破壊、摂動測定」という点で溶液系、分子励起状態の構造変化、固体の電子励起に伴う相分離、核成長、そして光触媒反応中間体への応用が期待されることを述べました。一方、開発点として、「フェムト秒X線とレーザーとの同期のシステムに関して従来どおりのRF基準信号との同期システムで大丈夫か？」という点に関して議論があり、遅いドリフトに関してはフィードバックで対応できるが、フェムト秒領域のジッターに関しては、今後加速器の方々と密に打ち合わせが必要であろうことが議論されました。また、「繰り返しが1MHz程度の場合にはバンチ当りのチャージ量が上がらないか？」という希望に関して、坂中氏から「エミッタンスを犠牲にすれば1nC程度は可能であろう」という回答がありました。また時間コヒーレンスを持つX-FELOの利用についても議論され、玉作氏の講演にあった非線形光学の可能性や、時間コヒーレンスの位相変調によるサブアト秒の時間分解能に達する可能性があることが議論されました。また、1.3GHzのハイ



「各セッションのまとめと今後の開発課題」のセッションをまとめて頂いた並河一道氏（東京学芸大）。

パワーレーザーを開発すれば、対象試料は限られるが、特殊運転モードではなくてもフェムト秒サイエンスが展開できる可能性も考えるべきとのコメントもありました。

続いて雨宮が【セッション3：不均一系の科学】の講演をレビューしました。nmレベルの空間分解能を利用することによって、生体分子、固液界面の電気二重層、スピントロニクス、表面化学反応への応用への期待を述べました。その上で今後、ナノビームの集光技術、およびナノビームまで集光しないまでもnm分解能を持つイメージングの利用（例えば光電子顕微鏡）、そして原子レベルの分解能を持つ放射光励起によるAFM、STMも視野に入れて、研究領域の開拓、実験技術の開発が必要であることが提案されました。また同時にピコ秒からミリ秒レベルの時間分解能を用いた不均一系の研究（特に反応系）は大きな研究分野との指摘がありました。一方、表面化学反応における反応開始のトリガーが重要な問題であり、反応系における内部トリガーや空間分解能による反応開始点の直接観測といった新たな開発項目が上げられ、また「放射光を用いてスピン流を観測することは原理的に可能か？」という問題提起も行われました。

最後に今後の進むべき方向として、「不可逆過程の時空間分解においてさらに電子状態を特徴つけるエネルギー分解も含めた(x, y, z, t, E)の5次元分解測定」という提案もなされると同時に、タンパク質の機能や電子デバイスの動作状態の直接観測という「リアルな3次元不均一系」の理解というテーマもあげられました。

次に中尾が【セッション4：時空間スケールの階層構造】の講演をレビューしました。コヒーレントX線を用いて、固体物性ではドメインの時空間相関解明を行うことにより、物性の巨大応答の起源解明への期待、生物細胞・ソフトマターでは直接的に空間分解を行いつつ、その時空間相関を測定することから、それらの物質の機能解明への期待を述べ、また他の手法（主に中性子の非弾性散乱、スピンエコー測定）との関係からも超スローダイナミクスから1MHzまでX線光子相関散乱以外にその観察を行う手法が無いことを言及しました。また、マイクロビームやX線共鳴散乱を用いた観測領域や元素を選択したスローダイナミクス研究がERLで大きく発展が期待される分野であることを指摘しました。一方、細胞内の機能解明においては蛍光発光タンパクを用いた可視光の技術進歩をよく研究しておく必要があること、また、コヒーレント光源の参照波照射により位相検知を行い、空間変調を同時に観測する実験手法も視野に入れるべきとの貴重な議論がありました。

続いて平野が【セッション5：極限を実現する装置・光学系の検討】の講演をレビューしました。まず、本ワークショップで非常に注目を集めたX-FELOに関してその実現性が十分にある一方、ダイヤモンド結晶には結晶性、薄片化、そして開発拠点の確保（企業との協力）と言った問題点があることを述べました。集光素子に関しては既存の集光素子では10nm、複合屈折レンズ、もしくは多層膜ラウエレンズでは1~2nmまで迫る可能性があること、また



ERLサイエンスワークショップの参加者による記念写真

現状のX線CTでは3次元分解能は30 nmであるが、これをコヒーレント回折顕微鏡によるレンズレス顕微鏡でどこまで改善できるかは大きな検討事項であることを述べました。次世代放射光の検出器に関しては、0次元検出器から2次元検出器にいたるまで、その達成目標仕様の検討と開発が必要であることを述べ、最後にX線光学としての開発項目として、ナノビーム：1 nm集光の必要性、平均輝度の2桁アップ：熱負荷対策検討、高空間コヒーレンス：高精度は面測定、放射光とレーザー光のフェムト秒オーダーでの同期技術の確立を挙げました。

最後の総合討論では、フリーディスカッションの形で、以下に示すような論点について、サイエンスから若干政治的なことも含めて、貴重なディスカッションが行われました。

- X-FELOの利用研究を精鋭化するにあたり、より多くのレーザーコミュニティの方々への呼びかけと参加依頼の必要性。
- 空間時間階層構造研究のユーザーの拡大と実験技術の問題点の洗い出し。
- 装置技術開発に関しては開発目標の設定と開発体制の整備。
- 5 GeV ERL 実現に向けて、コンパクト ERL の利用研究に関しても精鋭化の必要性。
- ERL は高繰返しであるのでクーロン爆発は生じないが、放射線ダメージの問題は非常に重要な問題でありその議論の場が必要。
- 同期技術を含む実験装置開発の競争的資金のプロジェクトの立ち上げの必要性。
- サイエンスベースの分科会をまた早い時期に行い、ERLサイエンスの盛り上げが必要。
- X-FELO はオプションではなく ERL の目玉と位置づけて、良い名称を考案して進めるべき。

そして最後に本セッションの座長であり、また ERL サイエンス戦略会議議長である並河氏が「次にどのようなワークショップ企画するかは、今回の総合討論の議論を踏まえて ERL サイエンス戦略会議で方針を出すことにする。」と締め括り、本ワークショップは無事閉会となりました。

以上長々と報告を書き連ねましたが、今回のワークショップでは、この報告にまだまだ書ききれなかったディテールも含めて、将来光源 ERL に関わるサイエンスからビームライン基礎技術について、極めて広範で建設的な議論が行われました。このような充実したワークショップが実現したのは、ひとえに講演者の皆様による的確な問題提起と、参加者の皆様による活発な意見交換の賜物であり、このワークショップにご参加いただいたすべての皆様に対して、オーガナイザー一同深く感謝しております。今後は、今回のワークショップの成果を基盤として、それぞれの課題に対する議論をさらに積み上げてゆきたいと考えておりますので、今後とも放射光ユーザーコミュニティの皆様の、ERL サイエンスワークショップへの積極的なご参加をよろしくお願いいたします。

最後になりましたが、各セッションの座長の労をお取りくださり、活発な議論をリードしていただいた先生方、素晴らしいポスターのデザインを考案して下さった物質構造科学研究所・広報コーディネータの山中さん、そして会議の事務担当をして下さった山崎さん、三隅さん、高橋さんに、深く御礼申し上げます。

尚、本ワークショップでご講演頂いた発表資料はホームページに掲載しています。

## 第20回総合研究大学院大学・ KEK 夏期実習の報告

放射光科学第二研究系 平野馨一  
放射光科学第二研究系 平木雅彦  
加速器第七研究系 谷本育律

今年も6月1日(月)～3日(水)の日程で、総合研究大学院大学・KEK 夏期実習が開催されました。高エネルギー加速器研究機構には物質構造科学専攻、加速器科学専攻、素粒子原子核専攻の三専攻からなる総研大の高エネルギー加速器科学研究科が置かれており、それらを志望する可能性がある学部学生や修士学生らに研究現場を体験してもらうことを目的として、毎年この夏期実習が行われています。三専攻から選ばれた委員が最初に集まったのは今年の1月で、それから参加者の募集方法、実習テーマ募集などの検討および各種の準備を行いました。昨年は約100名の参加がありましたが、今年の参加者は57名でした。昨年より人数は減りましたが、後に述べるように昨年ノーベル賞を受賞した小林誠・KEK 特別栄誉教授も登場され、参加者にとっては刺激に満ちた有意義な実習だったのではないかと思います。

加速器に関連する実習は放射線管理区域内で行われるので、放射線業務従事者として認定を受けるための講習から1日目のプログラムは始まりました。この講習が終わり、試験に合格すると放射線業務従事者として認定されるので、これまで放射線作業をしていなかった人も実習に参加出来るようになります。すでに業務従事者として登録されていた方も合流して、午後は総研大紹介と機構内の主な施設の見学ツアーが行われました。その後、実習テーマ毎に分かれ、担当する教員の方から2日目以降に行われる実習に関する説明を聞きました。放射光施設関連で開講されたテーマは以下の9テーマでした。括弧内は担当された方々です(敬称略)。

- \* 円偏光アンジュレーター放射を利用したスピントロニクス磁性体の軟X線内殻磁気円二色性の測定(小出常晴)
- \* ダイヤモンド・アンビルセルによる超高压実験(亀卦川卓美)
- \* X線結晶回折によるタンパク質の立体構造解析(松垣直宏)
- \* 有機分子の自己組織化を軟X線で探る・・・こんなに簡単に単分子膜ができるのか?(雨宮健太)
- \* マイクロビーム照射された細胞の損傷観察(小林克己, 宇佐美徳子)
- \* X線イメージング - その新しい可能性について(兵藤一行)
- \* 粉末X線回折による電子密度分布の決定(中尾裕則)
- \* 真空紫外領域における原子分子の光電離過程(伊藤健二)
- \* パルスレーザーとパルスX線によるポンプ・プローブ時間分解X線実験(足立伸一)



KEKの加速器と自身が提唱した「小林・益川理論」との関連などについて語る小林誠特別栄誉教授。

2日目はほぼ終日にわたり、また3日目の午前中も各テーマの実習が行われました。3日目の午後は、昨年のノーベル賞に関連したテーマで「小林・益川理論とBファクトリー」という共通講義が行われ、最初に小林誠・KEK 特別栄誉教授が挨拶されました。小林先生が登場されることは参加者には事前に知らされていなかったもので、「時の人」の思わぬ登場に場がわきました(参加者募集の時は、参加者が殺到するのを恐れて小林先生の登場を伏せていました)。

プログラムはこれで終わりとなりましたが、3日間の講義、実習そしてKEKの見学等を通して、KEKそして総研大で行われている研究について理解を深めてもらえたと思います。1日目の夕方に開かれた参加者と実習担当者および関係者との懇親会のおかげで、帰る時には参加者同士の交流も行われているようでした。

最後になりましたが、実習テーマ担当者はじめ、ご協力いただいたPFスタッフの皆様、実習のために少なからぬご不便をかけたユーザーのご理解に感謝いたします。来年もこの実習は開かれると思いますので、またご協力とご理解をよろしくお願いします。

## 第 23 回日本放射光学会年会・ 放射光科学合同シンポジウム開催要項

1. **開催日** 2010年1月6日(水), 7日(木), 8日(金), 9日(土)
2. **場 所** イーグレひめじ (姫路市本町 68 番 290)
3. **主 催** 日本放射光学会  
**共 催** 高輝度光科学研究センター, 理化学研究所播磨研究所, 大阪大学蛋白質研究所, 高エネルギー加速器研究機構放射光科学研究施設, 佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター, 産業技術総合研究所計測フロンティア研究部門, 自然科学研究機構分子科学研究所極端紫外光研究施設, VUV・SX 高輝度光源利用者懇談会, SPring-8 利用者懇談会, 東京大学放射光連携研究機構, 東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設, 東京理科大学総合研究機構赤外自由電子レーザー研究センター, 東北大学特定領域横断研究組織「シンクロトロン放射」, 名古屋大学小型シンクロトロン光研究センター, 日本大学電子線利用研究施設, 兵庫県立大学高度産業科学技術研究所, 広島大学放射光科学研究センター, PF 懇談会, 放射線医学総合研究所重粒子医科学センター, UVSOR 利用者懇談会, 立命館大学 SR センター, 立命館大学放射光生命科学研究所

#### 4. 組織委員会 ([ ] は推薦団体, ○は委員長)

雨宮慶幸 [学会会長], 伊藤孝寛 [名大], 太田俊明 [立命館大学 SR], 岡島敏浩 [SAGA-LS], 木下豊彦 [VUV・SX 懇], 小池正記 [産総研], 後藤俊治 [プログラム委員長], 佐藤勇 [日大], 澤博 [学会会計幹事], 繁政英治 [分子研], 高田昌樹 [実行委員長, 高輝度光セ], 高桑雄二 [東北大], 築山光一 [東京理科大], 中尾裕則 [KEK-PF], 中川敦史 [阪大蛋白研], 生天目博文 [HiSOR], 西堀英治 [SPring-8 懇], 原田慈久 [東大放射光連携], 春山雄一 [兵庫県立大], 兵藤一行 [PF 懇], 福井一俊 [UVSOR 懇], 松田巖 [東大物性研], 山田廣成 [立命館大生命], ○山本雅貴 [学会行事幹事, 理研播磨]

#### 5. プログラム要綱

- ・ 6日は各施設の利用者懇談会を行う予定です。
- ・ 7日午後に総会、8日夕方に懇親会を開催予定です。
- ・ 7日、8日、9日は企画講演、特別講演、オーラルセッション、ポスターセッション、懇親会、企業展示、施設報告等を行う予定です。

#### 6. 参加費

	11月30日までに支払	12月1日以降 (現地での支払いをお願いいたします。)
放射光学会員	5,000 円	6,000 円
共催団体会員・職員	7,000 円	8,000 円
非会員	8,000 円	9,000 円
学生会員	2,000 円	3,000 円
学生非会員	3,000 円	4,000 円
懇親会 (一般)	6,000 円	7,000 円
懇親会 (学生)	3,000 円	4,000 円

- ・ 発表申込時に参加登録を一緒に行っていただきます。その際、参加費および懇親会費の支払いの手続きも行ってください。事前の支払いは、クレジットカード払い、銀行振込が可能です。手続きの方法は、参加登録が開始された際に放射光学会ホームページ上 (<http://www.jssrr.jp>) でご確認ください。なお、参加をキャンセルされた場合の返金はいたしません。
- ・ 参加登録のみの場合も、同じく学会ホームページからできるだけ事前に行ってください。
- ・ 12月1日以降の参加登録、または、11月30日までに事前に支払手続きを行わない場合は、12月1日以降の参加費を現地受付でお支払いください。
- ・ 11月30日までに支払を済まされた方には、事前に予稿集を送付いたします。参加当日は事前送付した予稿集を忘れずお持ちください。

## 7. 発表者資格

日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムの一般講演・ポスターの発表者（登壇者またはポスターの発表の場合は説明者）は、①主催団体の日本放射光学会会員、または、②共催団体の会員か職員に限ります。

- (1) 共催団体の会員または職員で日本放射光学会会員となっていない方は、放射光科学の発展に学会が果たしている役割をご理解いただき、日本放射光学会に入会していただくことを強く希望します。
- (2) 発表申込み時点で上記の資格を有しない方は、発表当日までに資格を取得する必要があります。特に、日本放射光学会への入会申込み手続きを至急行っていただくことを希望します。
- (3) 発表者が日本放射光学会の会員、または共催団体の会員・職員である場合は、共同発表者の中に上記の資格を満たさない方が含まれていても差し支えありません。

## 8. 発表申込について

- ・ 受付開始：**2009年 8月31日（月）**
- ・ 申込締切：**2009年 10月 2日（金） 17:00 厳守**
- ・ 申込方法：日本放射光学会ホームページ (<http://www.jssrr.jp>) を通して、予稿集原稿および参加申込とともに発表申込を行ってください。
- ・ ネットワークトラブル回避の為、締切日直前の申込みはなるべく避けて下さい。
- ・ 発表形式：オーラルとポスターがあります。希望される発表形式を選択して下さい。
- ・ 発表番号通知：2009年11月上旬に日本放射光学会ホームページ上で公開いたします。

## 9. 予稿集原稿について

- ・ PDFファイルで作成の上、発表申込の際に投稿してください。
- ・ 原稿形式 発表1件につき、予稿は1/4ページ(A6/縦置き)です。(A4縦置きの原稿4件を、50%に縮小してA4縦置きの頁に4件並べます。)
- ・ カラー印刷は受け付けませんので、ご了承下さい。
- ・ A4(縦長)に下記の要領で文字を打ち込み、原稿を作成して下さい。
  - ①用紙の余白／上 2.5 cm, 下 1.5 cm, 左右 2.5 cm
  - ②1行目左端… 実験を行った施設名(12ポイント)
  - ③2行目中央… 表題(18ポイント)
  - ④3行目… 空ける
  - ⑤4行目中央… 著者名・所属(14ポイント)
  - ⑥5行目… 空ける
  - ⑦6行目… 本文(14ポイント)
- ・ 文字化けを避けるために必ずフォントを埋め込んでファイルを作成して下さい。

10. プログラムの掲載

プログラムは、11月上旬に日本放射光学会ホームページ上に掲載いたします。

日本放射光学会誌「放射光」では、第22巻6号(2009年11月末発行予定)に掲載いたします。

11. 企画講演の公募

前回と同様に、会員全体から企画講演を公募します。企画講演の形式や応募先・締切等は以下を参照ください。

- ・ 時間配分：1つの企画講演を、趣旨説明を含めて全体で**最大180分**までとします(3枠程度)。  
90分の企画講演も受け付けます(2枠程度)。
- ・ 企画の提案者には、講演の最初に趣旨説明と会期終了後の報告書の提出をお願いします。
- ・ 応募先：プログラム委員長(後藤俊治, sgoto@spring8.or.jp)宛に電子メールで、①提案理由(200字程度)、②講演者および時間配分を明記し、応募してください。
- ・ 応募締切：2009年8月31日(月) 17:00

12. 会場へのアクセス、交通のご案内

- JR姫路駅から姫路城(北)の方へ歩いて約600m(大手前公園南隣接ビル)

