

## PF 懇談会便り “PF 懇談会改組—PF-UA へむけて”

PF 懇談会会長 朝倉清高

PF ユーザの皆様へ

現在 PF 懇談会では、100%ユーザの加入した PF-UA への改組に向け議論を進めております。特別委員会の議論、パブリックコメントを経て、会則の作成を行っております。11月1日に幹事会、12月7日に運営委員会、1月に臨時総会を開催して、4月には発足いたします。

最大の改正のポイントは、ユーザ全員が参加する組織にすることにあります。これにより、名実ともに、真のユーザの意見を反映した団体となります。会の活動経費は賛助会費、寄付等で賄い、個人会員の会費は無料にします。この時期に PF 懇談会の改革を進めた理由は、もちろん 2010 年の SAC の勧告をうけたことが一つのきっかけではありますが、PF の将来光源計画をユーザ側として強力に推進するための体制を作るところにあります。11月1日の幹事会のあと、会則を web 上に上げ、皆様にみていただこうと思っております。次期光源を確実にスタートさせるためにも、ユーザの皆さんひとりひとりの力と知恵をお借りしたいと思っております。

さて、現懇談会の執行部の任期もあと半年となりました。今度の幹事会では、現在進めている以下の4点についても議論しようと思っております。

### ① ユーザグループの見直し

ユーザグループは5年ごとに見直すことになっており、今年がその5年目になりました。統合も進めつつ、今度の運営委員会で議論する予定です。

### ② 教育用 BT, BL の実現に向けて施設側との議論の開始 昨年度慶應大学の近藤先生を中心にまとめていただいた答申をもとに、実現に向けて PF 執行部との議論を開始いたしました。この議論は、次期 PF-UA にも引き継いでいただこうと思っております。

### ③ 企業ユーザグループの設置

大学共同利用機関である PF における企業ユーザの方に、自らのニーズ、利便性等を考慮いただき、企業ユーザの人にも快適な研究環境に関する提言をしていただこうと思っております。

### ④ 次世代光源へ向けた若手勉強会の創設

次世代光源は10年後にできあがりますが、そのときに中心になっていただく若手ユーザに次世代光源のサイエンスをしっかり議論していただき、10年後トップギアで研究を推進していただこうというものであります。この仕掛けをどう PF-UA に作り込むか考えたいと思っております。

PF は、大学共同利用機関法人の組織であります。共同利用の主体たるユーザひとりひとりのニーズと意志で運営されています。皆様からのご意見とまずまずのご支援を賜りますよう宜しくお願いします。

## ゆーぎーぐるーぷ紹介シリーズ

### X線トポグラフィー・ユーザグループ紹介

産業技術総合研究所 山口博隆

X線トポグラフィー・ユーザグループは2009年に設立されたばかりなので、UGのなかでは新しいグループです。しかし、この分野は、研究対象がX線回折の基礎的な現象に関わっているため歴史は古く、PFでも多くの先達が活躍してきました。放射光実験施設ではおなじみの二結晶分光器はX線を単色化するための道具ですが、これはX線の回折現象を理解することによって構成され、さらに高度な光学素子の設計が可能になります。このような結晶格子との相互作用を経たX線をフィルムに焼き付けると、それがX線トポグラフとなります。そこに現れるのは、結晶の形状や回折方位に応じて、完全結晶からのような回折強度分布であったり、干渉縞であったりします。一方、結晶中に転位などの欠陥があると、そのまわりはひずみのために回折強度にコントラストがつきます。このコントラストは、ひずみに対して非常に感度が高いため、X線トポグラフィーは結晶欠陥の評価手法として利用されてきました。

X線トポグラフィーを透過型電子顕微鏡による方法と比較すると、空間分解能の点では劣りますが、試料の加工を必要としないことと視野が広いことに大きな利点があります。また、高温や低温あるいは応力誘起などの特殊環境下に試料を置くことも可能で、結晶成長や環境変化に対する結晶欠陥の変化をその場観察することもできます。

本UGは、BL-15BおよびBL-15Cを活動拠点としています。BL-15Bには試料空間の広いX線トポグラフィー用回折計とX線TVが設置されており、低温や高温など種々の試料環境での実験が可能です。白色X線を利用するとラウエ斑点から容易に結晶方位を調整してトポグラフを観察することができます。また、回折線を追いかけてやすいので、特殊環境下でのその場観察に適しています。この実験ステーションは簡便に単色に切り替えられることから、白色ビームで結晶方位を調整してから単色ビームに切り替えて単色X線トポグラフィー実験をおこなうこともできます。BL-15Cは水平多軸精密回折計を備えており、それを利用したX線光学やトポグラフィーの実験がおこなわれています。シリコンの完全結晶が実現したとき、X線の動力学効果が盛んに研究されるようになりました。また、無転位結

晶では、評価の対象がますます微小な欠陥へと移り、よりひずみ感度の高い検出方法が求められました。1980～90年代には、それに応えるために、平面波X線、あるいは超平面波X線を使った技術がこの実験ステーションで開発されています。

さて、現在のUG登録メンバーは22名(2011年6月現在)となっています。本年1月に開催されたPF研究会「X線トポグラフィーの現状と展望」(開催報告はPFニュースVol. 28, No. 4, p.37)で報告された研究成果から、UGの主な話題を紹介したいと思います。

精密X線光学の研究は、完全性の高いシリコン結晶を舞台として展開されます。結晶内での多重ブラッグ回折の研究では、X線を長距離にわたって伝播させる結晶X線導波管への応用が考えられています。また、弾性ひずみが導入された結晶内では、ひずみ勾配に依存して光路が湾曲する現象(蜃気楼回折)について研究が進められています。これを利用して新たな精密光学素子や結晶評価法が提案されています。

電子デバイスは、高度に制御された結晶の一例です。シリコンによるデバイス技術は微細化によって高性能化を成し遂げてきました。しかし、その限界を見据え、微細化に頼らない方法が検討されています。そのひとつがチャンネル層へのひずみ導入ですが、そのひずみ層の結晶性の改善は大きな課題です。X線トポグラフィーでは、ひずみの二次元分布を直接的に観察することができます。これを適当な回折面と組み合わせることで解析することによって、ひずみを格子面の間隔と傾きに分離して評価することができます。この方法で、貼り合わせ法によるひずみシリコンウエハのひずみ分布を可視化することに成功しています。

最近では、SiCやダイヤモンドなど、ワイドギャップ半導体が次世代のパワーエレクトロニクスデバイス材料として研究が進められています。これらの新材料は、シリコンとは異なり、一定程度高い密度の欠陥を含んでいます。それでも、放射光X線を利用することによって、欠陥のひとつひとつを分離して評価することができます。それは実験室に比べて光源から試料までの距離が非常に長いこと、フィルムに投影される像のボケがほとんどないからです。これによって、実験室では認識できない微小な欠陥や重なり合っていた転位が分離されて明瞭に映し出されることとなります。これは、結晶成長技術の開発や欠陥がデバイス性能や信頼性に与える影響などの研究に役だっており、これを利用して新材料によるエレクトロニクスの実用化をめざしています。

有用な転位の観察手法として三次元化が挙げられます。細いスリットを通したビームを使うことによって、ビームの経路で断面的に切り分けられたトポグラフ(セクショントポグラフ)が得られます。これを重ね合わせて合成すると、転位の広がりや三次元画像として再生することができ、転位の発生源や滑り面が臨場感をもって観察されます。最近、この方法によって、水晶の新しい転位が発見されました。この手法では、多くのセクショントポグラフを重ね合

わせなければなりません、それらがほぼ同じ強度コントラストでなければなりません。そのためには、長時間安定した入射ビームが必要であり、トップアップ運転がなければ実現不可能だといえます。

X線トポグラフィーの研究対象は、無機結晶ばかりではありません。大型で良質なタンパク質結晶の育成やその完全性の評価は、その構造解析だけでなく、新規物性の探索という固体物性の観点からも非常に興味を持たれます。タンパク質結晶は、無機結晶や低分子有機結晶に比べてX線に対する消衰距離が長く、数ミリメートルにも及びます。そのため、転位の回折コントラストを得るためにはミリメートルサイズの結晶が必要です。しかし、これを克服して良質なニワトリ卵白リゾチーム結晶の育成とその転位評価に成功しました。さらに宇宙での微小重力実験で育成されたタンパク質結晶の完全性評価など、欠陥の特性や結晶成長メカニズムの解析が進んでいます。

以上のほか、異常分散の利用、コリメートされたビームの利用、高温状態のその場観察など、目的に応じてさまざまな方法で研究が進められています。X線トポグラフィーは、放射光X線を利用することによって、実験室とは比較にならないほど鮮明な像を短時間に取得することができます。また、近年のCCDカメラなどによる電子画像は、測定を簡便にし、解析の幅を広げています。X線回折現象や結晶欠陥の研究、そして結晶成長やエレクトロニクスの基礎研究に利用できる手法としてX線トポグラフィーを知っていただければ幸いです。なお、「日本結晶学会誌」2012年第1号は、X線トポグラフィーの特集号として、その基礎から最近の話題までが包括的に紹介される予定となっていますので、ご興味のある方はご覧ください。

最後に、施設への要望を述べさせていただきます。現在、活動拠点である実験ステーションの移設が予定されています。これは、BL-15がミニボールアンジュレーター光源になることにもなう措置です。UGでは、PFのビームライン再編計画に協力し、新実験ステーションでの展開を進める方針です。しかし、移設先のビームラインは予告されていますが、時期などの計画が明らかになっていません。UGとしての対応を議論するためにも、移設先ビームラインや移設時期およびBL-15の光源設置時期について、なるべく早く具体的な計画を示していただくことを希望します。

#### (PFからの回答)

新BL-15建設に関して未だ予算的な裏付けが十分ではありませんので、確定的なことを書ける状況にはありませんが、最速では2013年夏の停止期間中に建設出来る可能性があります。一方、移設先の候補地であるBL-20Bのオーストラリアによる利用は2012年末までの予定です。多くの作業が一時に集中することがないように、予算的な裏付けが見えたら、上記制約の範囲で出来るだけ早期に作業を進めたいと考えています。

## 構造物性ユーザーグループミーティング 開催報告

ユーザーグループ代表 東北大学 野田 幸男

今回の物理学会は、富山大学にて9月21日～24日に開催され、台風15号の影響もありなんとなくざわざわとしておりましたが、恒例の構造物性インフォーマルミーティングも物理学会2日目に開催致しました。まず、構造物性UGの世話人である野田（東北大）が挨拶を行い、このグループの成り立ちや現在の構造物性UGの性格について、いつも通り説明しました。

まず最初は、村上氏（KEK）より構造物性研究センターの報告をして頂きました。センターの中で立ち上がっている研究プロジェクトについて説明され、これまでのプロジェクトに加え新たなプロジェクトが複数立ち上がりつつあることが、報告されました。1つは、7月に放射光のグループに加わった組頭氏のプロジェクトで、薄膜を利用した量子閉じ込めのこれまでの研究を発展させるとのことでした。さらに、センター内での研究の議論が盛り上がるということが期待できそうです。続いて、ここ数年PFの構造物性グループが力を入れて立ち上げてきている、軟X線領域での回折実験の状況について説明されました。最後に、昨年より始まった中尾（朗）氏（CROSS）のS課題の研究内容について紹介されました。

続いて、J-PARCからの報告ということで、瀬戸氏（KEK）より、J-PARC全体と中性子関連の状況の報告がなされました。3月の物理学会が、地震の影響で中止になり、その後の最初のインフォーマルミーティングであり、東海村のJ-PARC関連施設の被災状況について紹介されました。KEKのスタッフには、見慣れた被災状況でしたが初めてご覧になる方もおられ、状況の深刻さに驚かれています方もおりました。さらに、5月の段階で決定された復興スケジュールと、現在その計画に従って進められている状況が報告されました。例えば、施設の外側の道路、He配管系が油圧ジャッキで高さを調整している様子や、施設内部の遮蔽体の並べ直しが進められていることが報告されました。また、地震の影響による今年度のビームタイムの減



構造物性研究センターの報告をする村上氏（KEK/PF）



J-PARC全体と中性子関連の状況の報告をする瀬戸氏（KEK）

少に対応し、来年度予定されていた夏の長期シャットダウンをキャンセルする方向だそうです。ビームライン側は、共用法で今年度建設予定だったものは、ほぼ予定通り立ち上げ予定であるが、SENJYUだけは、多少遅れる見込みであること、さらにKENSとして、京大との共同のもの、東北大と共同での装置の建設も進められていることが紹介されました。

この中の東北大学計画：J-PARC 偏極度解析中性子分光器については、続けて大山氏（東北大）より説明頂きました。この装置の目的は、電荷・軌道・スピン自由度の結合した状態を非弾性散乱で実験することで強相関系の物理の解明を目指すことであり、装置のオプションとしてパラメータの分離につながる「偏極」を重要視していることが紹介されました。その中で、研究例としてマルチフェロイック系の話が紹介されました。また、世界的にこれまでに立ち上げられてきた非弾性散乱装置は、偏極のオプションがなかったが、現在計画中のものは偏極+非弾性の装置がある状況ですので、日本での研究が立ち遅れないように本装置が重要な位置付けとなっていることが指摘されました。現有の非弾性散乱装置と比べると、偏極のオプションがついて1/5の強度で実験が可能であること、特殊なチョッパーを用いて交差相関法と呼ばれる手法を用いるとより効率の良い実験が可能であることも紹介頂きました。さらに本装置の名前は、宮沢賢治の本の中で使われているPOLANO（POLarisation Analysis Neutron SpectrOmeter）としたことが紹介されました。東北地方の震災復興への気持ちを込めた、大変思い入れのある名前です、KEKと共同のもと東北大学を中心に立ち上げられますので、是非ご期待ください。最後に、野田より、SENJYUの状況を簡単に紹介、磁場 $\leq 7\text{T}$ 、温度 $> 100\text{ mK}$ での構造物性的な研究が可能になること、試料サイズとしては $0.5\text{ mm}$ 角が実験ができることを述べました。

次にJ-PARCミュオンの状況として、門野氏（KEK）に「超低速ミュオンビームラインの概要と目指すサイエンス」ということで紹介頂きました。まず、新学術領域の研究課題が採択されたことにより、超低速ミュオンビームラインの建設が可能になったこと、超低速ミュオンの定義やその生成方法についての説明されました。続いて、具体的な現

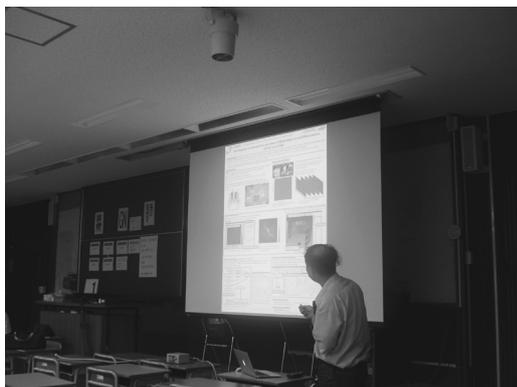
有ビームラインと本ビームラインの建設予定について説明頂きました。さらに、本ビームラインの特徴が低いエネルギーのミュオンが利用可能な点であり、深さ分解した表面・界面の研究がメインのターゲットとなり、「超低速ミュオン顕微鏡」の名のもと強力で推進することが説明されました。さらに、輝度の高いミュオンビームを作る次なる計画も説明されました。ビームラインでの実験は、KEKのS課題のもと、専有実験として行われますので、以下の研究班の構成を参考に、直接班長と相談して頂くのが良いということです。

- A01 超低速ミュオン顕微鏡 極微 $\mu$ SR (三宅氏 班長) 微小試料への研究展開, アクチノイド, 分子性結晶
- A02 スピン伝導と反応 (鳥飼氏班長) 触媒化学反応, 電気化学を担うイオン伝導, スピン伝導の直接観測
- A03 表面-バルク境界のヘテロ電子構造 (門野氏班長) 強相関係の表面・界面のヘテロ電子構造
- A04 ミュオンのg-2と超低速ミュオンの尖鋭化 (素核グループ)

また、もう一台、汎用の共用装置をという話もあったが、今回は超低速ミュオンビームラインを建設することでピークを出して、その結果を受けて汎用共用装置の建設も考えていることや、すでにあるビームポートの有効利用としてビーム振り分けをすることで共用装置を2台体制とすることが紹介されました。

JRR3の状況の報告は簡単に野田より行いました。J-PARCと同様に建物本体は丈夫に作られているが、外部が地盤沈下、液状化の影響がありますが、大きな被害はなく、来年2月に復帰、共同利用実験の運転が開始される予定であると報告しました。

次に、PFの近況として中尾氏(KEK)より報告がありました。最初に、PFの被災状況について簡単に紹介し、その後加速器・光源グループの復興へ向けた多大なる努力によって5月中旬には試験ビームをビームライン側に導くことが可能になったこと、さらにその試験ビームを用いビームライン側も復旧を進めることができたことが報告され



SENJYUの状況説明を行う筆者

ました。続いて構造物性グループのビームラインの状況を簡単に説明するとともに、この4月にこれまでビームラインのお世話をさせて頂いてきた中尾朗子氏がCROSSの方へ移動となったこと、この7月に熊井玲児氏が産総研より教授として着任されたことを紹介されました。また、この2年ほど力を入れている軟X領域での回折実験装置の状況が報告されました。超伝導磁石搭載可能な2軸回折計が完成し、この秋に立ち上げ実験を行うこと、超伝導磁石は今年度内に納入され、来年度立ち上げし、磁場中軟X線回折実験が可能となることが報告されました。スカーミオン格子の観測などを目指して建設された軟X線小角散乱実験装置は、夏前の試験ビームを用いての立ち上げ試験が行われており、秋以降の結果が期待されております。

続けて、河田氏(KEK)より、PFの将来計画について紹介頂きました。特に、今年度よりERL 3 GeV計画として、強く推進していること、そのための研究会などを数多く開催していることが紹介されました。また、ERLの実証機として建設しているc-ERLの建設も着々と進んでいることも紹介されました。

予定されていたプログラムが終わるころには、インフォーマルミーティング終了時間も過ぎてしまい、早速構造物性インフォーマルミーティング2部会場へ、路面電車、バス、徒歩などで移動しました。前回大阪での第2部は、予約した人数をはるかに超える参加者があったことと、会場が炭焼き屋でケムタイ感じで、この間のインフォーマルミーティングすごかったねぇ...と言われておりましたが、今回はコース料理で上品な感じとなり、前回との比較からか、大変好評で、大いに盛り上がりました。次回は、再び大阪、関西学院大での開催です。本インフォーマルミーティングは、物理学会実行委員長の水木氏が取り仕切って頂けるとのことです。楽しみにして頂ければ幸いです。

## 「PF懇談会臨時総会開催のお知らせ」

来年1月に鳥栖市で開催される放射光学会年会・合同シンポジウムにおいて、例年行います「PFユーザーの集い」に代えて「臨時総会」を開催いたします。新しく立ち上げるPF-UAの会則変更を主な議題として広くユーザーの皆様と検討を重ねたいと思いますので、積極的なご参加をお待ちしています。

**日時:** 2012年1月6日(金) 14時~15時

**場所:** 鳥栖市民文化会館・中央公民館  
中ホール

**議題:** ・会則変更について  
・その他