

## 研究会等の報告／予定

PF 研究会「高速スイッチング可変偏光  
アンジュレーター放射を利用した  
軟X線分光研究の新展開」開催報告

放射光科学第一研究系 小出常晴  
放射光科学第一研究系 伊藤健二  
放射光源研究系 山本 樹

標記のPF研究会が、平成18年5月1日、2日の2日間、高エネルギー加速器研究機構4号館1階セミナーホールで開催された。

PFリングは、直線部増強計画によりアンジュレーター用直線部が大幅に増強された。特にB15-B16最長直線部(BL-16)の長さは～9mもあり、しかもこの直線部のベータトロン振幅はかなり小さい。従って、この最長直線部は、アンジュレーターの基本波で高強度の軟X線の発生が可能であり、軟X線分光用として理想的である。本研究会では、この長直線部に高速スイッチング可変偏光アンジュレーターを設置し、それにより得られる軟X線可変偏光(スイッチング可)を利用する新しいサイエンスの発展と展望、及びそれを達成するために必要なハード技術の開発に関し、検討と議論が行われた。

新BL-16の構想は古く、直線部増強計画が浮上する前から検討が行われたが、最近数年間にハード技術に関して更に検討が行われた結果、方向性がほぼ固まった。(i)2台のタンデム配置アンジュレーターで左/右円偏光、及び水平/垂直直線偏光の可変偏光を発生する。(ii)キッカー電磁石により電子ビームを水平面内で振り、偏光の交流的スイッチングを可能にする。(iii)そのためにリング内電磁石で電子ビーム軌道を補正する。(iv)分光光学系は、可変溝間隔回折格子(VLSG)を用いた可変偏角分光器を採用する。(v)ビームライン光学系は、偏光をスイッチした時に、試料上で2台のアンジュレーターからの光ビームのスポット位置や光強度が、可能な限り一致する条件を満たす。上述したハードの方針は、最終決定案ではなく、建設開始まで検討を続け、常にブラッシュアップすることが重要であり、本研究会でも熱心な議論が行われた。

新BL-16の偏光軟X線を利用するサイエンス(実験、理論)は、従来の研究会や検討会でも多数提案された。主な研究提案は、(I)偏光の交流スイッチングをフルに利用し、従来の直流測定では検出が困難、又は不可能だった極微小な二色性の研究、及び(II)偏光の交流スイッチングは必ずしも必要としないが、可変偏光(左/右円偏光、水平/垂直直線偏光)を利用する偏光分光に大別される。

(I)は、(1)カイラル対称性生命体分子の軟X線自然円二色性測定による研究、(2)微小な軟X線磁気円二色性(XMCD)及び軟X線磁気線二色性(XMLD)測定による



参加者からの質問に答える講演者(吉凱氏)と座長(宮原恒昱氏)。

ナノ磁性体や強相関電子系物質の相転移近傍の研究、(3)高感度XMCD測定によるスピントロニクス用希薄磁性半導体の研究、及び(4)温度可変XMCD測定による磁氣的無秩序物質の研究等が、代表例である。

(II)は、(5)時間分解XMCDによる表面磁性ダイナミックスの研究、(6)軟X線共鳴散乱・回折のCD/LDによるナノ構造と電子状態の研究、(7)PEEMによる微小磁気ドメインの実空間観察、(8)スピン分解光電子分光による表面・界面磁性の研究、(9)軟X線発光分光による電子状態の研究、(10)気体分子の二重電離過程における光電子放出角度相関における円二色性、及び分子解離でのCD/LDを利用した新質量分析法、等が挙げられる。ここでは、代表的な研究提案のみを述べたが、本研究会で提案・議論されたサイエンスの詳細は、下記のプログラム及び後日発行されるproceedingsも参照されたい。

本PF研究会では、新BL-16の最も有効利用を目指し、今後大きく発展すると期待される軟X線偏光分光学の実験研究と理論研究に関して、新たな提案と議論を行うと共に、挿入光源・リング軌道制御・分光光学系などのハード技術の向上案が検討・議論された。なお、参加者総数は69名であった。以下にプログラムを記す。

## ＜研究会のプログラム＞

日 時：平成18年5月1日(月)、2日(火)

## 5月1日(月)

13:00～ 受付

13:30-13:40 研究会の趣旨説明 伊藤健二(KEK-PF)

13:40-14:05 新BL-16高速可変偏光スイッチング軟X線分光ビームラインの概要 伊藤健二(KEK-PF)

14:05-14:30 高速スイッチング可変偏光アンジュレーターの検討 山本 樹(KEK-PF)

14:30-14:45 高速スイッチング可変偏光アンジュレーター用電磁石システム 原田健太郎(KEK-PF)

14:45-15:00 高速スイッチング可変偏光アンジュレーターのための軌道フィードバック

帯名 崇(KEK-PF)

15:00-15:25 ビームラインBL-16用分光光学系の設計 雨宮健太(東大院理・現KEK-PF)

- 15:25-15:40 休憩
- 15:40-16:05 高速スイッチング可変偏光放射を利用した期待されるサイエンス (概論)  
小出常晴 (KEK-PF)
- 16:05-16:30 生体分子の放射光分光 (特に VUV, SX-CD について) 中川和道 (神戸大発達科学)
- 16:30-16:55 XMCD - PEEM を用いたナノ領域磁気イメージング 尾嶋正治 (東大院工)
- 16:55-17:20 スピン再配列相転移の動的観察  
太田俊明 (立命館大 SR)
- 17:20-17:45 高輝度放射光とスピン分解光電子分光  
柿崎明人 (東大物性研)
- 18:00-20:30 懇親会 (レストラン「クランベリ」にて)

## 5月2日 (火)

- 09:00-09:25 遷移金属化合物の共鳴 X 線発光分光における *dd* 及び CT 励起  
小谷章雄 (KEK-PF, SPring-8)
- 09:25-09:50 軟 X 線発光分光の偏光依存性  
辛 埴 (東大物性研)
- 09:50-10:15 偏光軟 X 線を用いた内殻分光の理論  
魚住孝幸 (大阪府立大)
- 10:15-10:40 経路積分法による角度分解光電子分光理論  
吉 凱, 那須奎一郎 (KEK-PF)
- 10:40-10:50 休憩
- 10:50-11:15 磁性半導体と遷移金属酸化物の XMCD  
藤森 淳 (東大院新領域)
- 11:15-11:40 磁気秩序のない状態での局所「帯磁率」の温度依存性の測定で何が見えるか  
宮原恒昱 (首都大院理)
- 11:40-12:05 高速可変偏光を用いたエネルギー分散型表面 XAFS 法による表面の動的観察  
雨宮健太 (東大院理・現 KEK-PF)
- 12:05-12:30 偏光アンジュレータによる VUV 偏光変調分光法とアミノ酸 CD 測定への応用  
渡辺一寿 (産総研)
- 12:30-13:30 昼食
- 13:30-13:55 SPring-8 軟 X 線ビームラインにおける光電子顕微鏡研究  
木下豊彦 (SPring-8)
- 13:55-14:20 ナノ磁性体および遷移金属酸化物の内殻吸収円・線二色性  
木村昭夫 (広大院理)
- 14:20-14:45 Cr SDW 状態における L 吸収端共鳴 X 線散乱の理論的研究  
五十嵐潤一 (茨城大理)
- 14:45-15:00 休憩
- 15:00-15:25 気相分子の内殻励起・イオン化・解離ダイナミクス  
上田 潔 (東北大多元研)
- 15:25-15:50 円偏光を使った光二重電離過程から何がわかるか?  
副島浩一 (新潟大)
- 15:50-16:15 VUV・SX を利用した異性体識別質量分析の可能性  
足立純一 (KEK-PF)
- 16:15-16:30 研究会のまとめ 藤森 淳 (東大院新領域)

## KEK- 総研大夏期実習報告

放射光科学第一研究系 小野寛太

KEK では毎年夏期に、学部高学年の学生などを対象とした総合研究大学院大学高エネルギー加速器科学研究科の夏期実習を実施しています。今年は 6 月 13 - 15 日の 3 日間で行われ、100 人が参加しました。

今年は、PS のシャットダウンということもあり、物構研の担当では PF, PF-AR, 低速陽電子を用いた実習科目のみで実施されました。物構研関連の実習科目は、

- ・ 光電子分光で物質の電子状態を探る
  - ・ コインシデンス分光による内殻励起、オージェ過程、イオン脱離
  - ・ PF-AR のパルス放射光を利用した時間分解 XAFS 実験
  - ・ 単色 X 線を用いた医用画像診断
  - ・ 固体表面のポジトロニウム飛行時間分光実験ならびに低速陽電子ビームの観察
  - ・ 軟 X 線円偏光を利用したナノスケール磁性体の内殻磁気円二色性の測定
  - ・ 蛋白質 X 線結晶構造解析
  - ・ 粉末構造解析
  - ・ ダイヤモンド・アンビルによる圧力誘起相転移の実験
  - ・ マイクロビーム照射された細胞での損傷観察
- の 10 テーマです。

夏期実習の 1 日目は、放射線手続き、実習全体のガイダンスの後、KEK と総研大の説明が行われました。ここで、総研大高エネルギー加速器科学研究科での大学院教育の概要が紹介されました。次に、講義 (講義 1「人類の知的財産としての基礎科学：高エネルギー物理学の場合」高崎史彦・素粒子原子核研究所所長、講義 2「J-PARC が拓く物質構造科学」池田進・物質構造科学研究所副所長、講義 3「リニアコライダー設計」横谷馨・加速器研究施設教授) が 3 つの会場で行われ、参加者はそれぞれの専門、興味に合った講義を聴講しました。その後、実習テーマごとのグループに分かれ、翌日からの実習のガイダンスがあり、夕方には懇親会が開かれました。今年は 100 名の参加者があり、



実習中の一コマ

懇親会も大変盛り上がりました。

2日目および3日目の午前中は、それぞれのテーマで実習が行われました。最終日の午後には、KEKつくばキャンパスの主要施設の見学ツアーが企画されました。ツアーは施設ごとにコースが設定され、広範なKEKの研究活動を見ることが出来る内容となっていました。

実習の後に参加者に書いてもらうアンケート結果では、総じて物構研関連の実習科目は評判が良く、ほとんどの参加者に満足して帰っていただくことが出来ました。

実習テーマのご担当、施設見学、その他PFスタッフの皆様をはじめとして多くの方々に協力していただき、充実した夏期実習を開催することが出来たことをこの場を借りてお礼申し上げます。来年以降の夏期実習でも是非ご協力よろしくお願いします。

## XAFS 13に参加して

放射光科学第一研究系 雨宮健太

2006年7月9日から14日にかけて、XAFS 13 (13th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure) がスタンフォード大学において開催されました。日曜日(9日)は受付とちょっとしたパーティーのみで、月曜日から金曜日の午前中までが本番と言ってよいでしょう。基本的には朝のPlenaryに始まってその後3つのパラレルセッション、午後も引き続きパラレルセッションで夕方にはポスターセッションという、オーソドックスなスタイルです。ざっと数えた参加者は300-400人といったところでしょうか。なお、月曜日には2004年に亡くなった、XAFSの生みの親とも言えるDale Sayers氏を偲ぶシンポジウムが行われ、氏の業績をたたえ、その早すぎる死を悼む講演が10人程度の演者によってなされました。

さて、私はもちろんXAFSを主たる研究手段としていたので、当然のようにこの会議に参加したわけですが、いつもながら思うのは、私の専門である表面XAFSや



図1 会場となった Frances C. Arrillaga Alumni Center



図2 Palo Altoの街並み

XMCDというのはXAFSの中ではマイナーな分野だということです。それは仕方のないこととしても、今回の会議は特に、環境・生物関係の発表が多かったという印象があります。理論関係も普段より少し多めだったかもしれません。このあたりはプログラム委員会の趣味もあるとは思いますが、全体で25程度のセッションのうち、生物・環境だけで約10を占め、触媒やいわゆる物質科学はそれぞれ3-4くらいしかありませんでした。ひとつ信じられなかったのが"Actinides in the Environment"というセッションがあったことで、そんなものが一つのセッションとして成り立つことに驚くとともに、XAFSの守備範囲の広さを改めて感じました。一方で、私の専門の一つである磁性分野は、たった一つのセッションに押し込められてしまいました。6年前のXAFSでは3倍くらいはあったと記憶していますので、その変わりようにショックを受けましたが、これは別に、XAFS(主にXMCD)を用いた磁性研究の衰退を意味するのではなく、XAFSが磁性研究における標準的な手法として確立された結果、XAFSという手法に特化した会議でなく、もっと磁性自体に的を絞った会議の方へ流れたということではないかと思えます。

そういった事情もあって、私が聴きにくいセッションはいつも一番人気がなく、おかげでゆったりと聴くことができました。また、やはりそういう事情ですから、必ずしも専門でない分野の話も聴く機会が多かったのですが、様々な講演を聴いていて思うのは、最近ではサブミクロン程度のマイクロコピーはもはや当たり前になってきているということです。また、かつては散々苦労してようやく測定ができていた発光分光が、今ではごく普通のツールとして用いられており、さらにそれを応用して様々な新しい実験手法が開発されていることも印象的でした。時間分解に関してもpsレベルの実験はごく普通に行われており、XAFSという手法が様々な方向に進化していることがよくわかります。実験手法をメインにした会議の宿命として、次から次へとそういった高度化や関連する新奇手法の開発が報告されており、そういう意味では参加していて飽きない学会です。

水曜日の午後には恒例の施設ツアーということで、放射光施設のさきがけである、SSRL (Stanford Synchrotron Radiation Laboratory) を見学することができました。私は10年ほど前に訪れて以来なのですが、一見したところは驚くくらい何も変わっていないという印象です。しかしながら、よくよく実験装置などの説明を聞いてみると、確かに色々と進歩していることがわかりました。近い将来リング自体のアップグレードも行われるとのことで、ここも生き残りに必死のようです。また、改めて感じたことは、施設内の雰囲気はPFとよく似ていることです。これはPFができたときの経緯を考えれば当然のことかとは思いますが、これまで訪問した各国の放射光施設に比べて圧倒的に親近感を覚えます。

ところで、会場となったスタンフォード大学は、ご承知の通り空気がからっとして大変気持ちのいい場所にあるのですが、交通としてはほとんどもなく不便な場所でした。夕食を食べようにも学内のレストランはほとんどがランチまでしか役に立たないし、Palo Altoの街（とても歩く距離にはありません）まで無料バスが出ているものの、食べ終わった頃には終バスがなくなっているしで、そのあたりの不便さを嫌って会議に参加しなかった方もいたと聞きます。こういった、サイエンスのアクティビティとは関係ないことが原因で参加者が少なくなるというのは残念な話です。次の会議は3年後にイタリアで開催されるのですが、どうやら名前も聞いたこともない、今回よりもはるかに不便なところになりそうとのことで、今から戦々恐々としています。幸いなことに、私は同行のみなさんが借りてくれた車があったので、夕食も堪能できましたが、そうでない方々にとっては、バンケットはかなり楽しみであったことと思います。なにしろアメリカですから、ステーキくらいは期待しますよね。いやはや… (図4参照)。

最後にこれは全くの個人的な印象で実際には正しくないのかもしれませんが、XAFSの分野でも世代交代が進んでいることを強く感じました。いわゆる大御所として君臨していた何人かの大物研究者たちが、半ば引退していたり、メンバーがほとんど解散していたりしたことは印象的でした。



図3 バンケットの会場となった美術館, Cantor Arts Center



図4 きれいにディスプレイされた食事（前菜だと思いますよね、普通。）

た。もちろん、それによってXAFSのアクティビティが低下している様子は全くなく、むしろどんどん進化していることから、これは決して悪いことではなく、XAFSが特定の研究者の独占物ではなく、ひとつの一般的な研究方法として確立されたことを物語っているのだと思います。

以上、好き勝手なことを書いてきましたが、私にこの記事を依頼された編集委員会の皆様の決断に敬意を表して、この記事を終えたいと思います。