

PF 懇談会だより

PF シンポジウムに参加して

首都大学東京 理工学系・物理学専攻・宮原恒晃

PF シンポジウムに参加して

PF 懇談会会長 雨宮慶幸（東大・新領域）

2005年3月17, 18日に第22回PFシンポジウム（実行委員長：岩住俊明氏，副委員長：佐藤衛氏）が，高エネ機構・国際交流センター交流ラウンジで開催されました。まずは，今回のシンポジウムを準備，企画して頂いた実行委員の皆様へ感謝申し上げます。シンポジウムの全体については別に岩住実行委員長による報告記事が掲載されており，またプログラムや要旨・配布資料などがPFホームページ(<http://pfwww.kek.jp/pf-sympo/>)で公開されているので，ここでは私の感想を述べさせていただきます。

まず，会場の国際交流センター交流ラウンジは私にとっては初めてでしたので，新鮮な印象を持ちました。ただし，会場が少し狭いという感じがしましたので，3号館のセミナーホールが確保できるのであれば，そちらの方が良いと思います。

プログラムの中で最も関心をもって参加したのは，「将来計画」のセッションでした。1月の日本放射光学会・放射光科学合同シンポジウムの際に開かれたPF懇談会拡大運営委員会で，スーパーストレージリングの話は初めて耳にしましたが，今回はもう少しまとまった形で話を聞き，特にラウンドビームの生成に関する話は興味深く拝聴しました。まだこれからR&Dをかなり要する技術のようで，ERLも含めて今後の技術の進展に関心を払いたいと思います。

PFの将来計画は，スーパーストレージリングにするかERLにするかまだ技術的な面の方針は定まっておらず，その方向性が見えて来るまでには，まだ時間がかかりそうです。しかし，「汎用性と先端性」の両方を満たす光源でなければならない，という基本方針は一貫しており，これからの将来計画の詰めを行うためには，施設側とユーザー側のもっと活発な議論が必要であることを感じます。その意味で，PF懇談会の役割が，今後一層重要になってくると思います。PF懇談会では利用幹事を中心にして，ユーザーがどのような将来計画を期待するのかをもっと明確にPF側に示せるような気概を持たなければいけないと思っています。

PF懇談会会長を仰せつかって4月で2年目に入ります。2年目はこの点に意識を入れて，取り組みたいと思います。

昨年は所用で参加できなかったPFシンポジウムに今年は2年ぶりに参加した。会場はきれいな「国際交流センター」であり，ポスター会場が隣接していて，お茶やスナックのアクセスも容易で，アット・ホームな雰囲気が2年前と違っていた。ちょうど直前の3月15日，16日にSPRING-8シンポジウムにも参加してきたので，それとの対比を含めていくつか印象を述べたい。

初日（17日）には将来計画についての報告や討論があった。数年前からERLが提案されたり，通常の蓄積リングが提案されて，利用者としてはどちらに軸足を置くべきか迷うところがあったが，今回は少し問題点が整理されてきたように思う。よく交渉事でおこなわれる「論点整理」の段階に達したことは，それ以前の「混沌」の状態よりは確実に一歩前進であると感じた。

ただ，この中で注目すべき提案が原田氏よりあった。それは直線部で電子の進行方向に磁場を加えて，電子ビームの角度発散を非常に小さくし，エミッタンスを大幅に低減しようというアイデアである。通常のビーム・ダイナミクスを支配するシンプレクティックな条件から逃れて，リウビルの定理の成立する条件を満たす特別な工夫であると理解される。もしこれが実現可能であれば蓄積リングの設計概念が変わってしまう。つまりエミッタンスが5nm-radであっても数カ所の長直線部では0.1nm-radのエミッタンスが実現してしまうのである。

ところで通常，低エミッタンス光源であっても，すべての挿入光源で水平・垂直の両エミッタンスが回折限界より小さいことを要求する場合は希であろう。垂直エミッタンスが小さければ十分である場合が多いので，このような新しい工夫による超低エミッタンスは数カ所の直線部で実現されれば十分である。したがって，上のアイデアが実現可能とすればそれほど巨大なリングでなくとも，4カ所程度の長直線部を持つだけで，全体として高性能な蓄積リングを設計できるという可能性が開けるし，これは直ちに建設コストの低減につながるであろう。

問題は，原理的に可能なことが技術的にどの程度可能であり，どのような困難を克服すべきか明らかにすることである。軸方向磁場とアンジュレータ磁場の共存など，難しい問題もありそうである。海外で提案されたこのアイデアは，PFではARの長直線部で予備実験を検討しているようであり，またSPRING-8でも検討を始めていると聞く。蓄積リングの設計方針にも影響を与えるので，2年程度のあいだに，このアイデアの実現可能性について，ある程度の結論を得ることを期待したい。

私見をいうと，PFの将来計画の生きる道は，このアイデアの成功にかかっている気がする。これがないと低エミッタンス蓄積リングのコストは非常に高額になるからである。また軸方向の磁場を，超伝導ではなく通常の電磁石で

発生すると低コストですむが、そのためには蓄積電子エネルギーをなるべく低く抑える必要がある。したがって、電子エネルギーを低く抑え、硬X線はミニポール・アンジュレータを利用するなどの工夫をして、なるべく低コストの将来計画を提起する必要があるのではないだろうか。

さて、3月18日には利用研究やビームタイムの配分のありかたについて重要な議論があったが、SPring-8と対比してきわめて興味深かった。直接のきっかけは、PFの利用研究の論文出版数が低下しているとのデータが背景にある。実はSPring-8は2000億円近い予算を投下したという認識が背景にあるので、成果がそれに見合っていないという認識はPFより深刻である可能性がある。しかもSPring-8はここ数年ビームライン建設が急速にすすんでいるのに、どういうわけかという疑問が出て不思議ではない。そういう意味では、競争的資金は別にして、設備の老朽化が進み通常の経費が削減されているPFにあっては、論文数の減少はある程度はやむを得ない、と開き直す道もある。しかし、現実の政治力学ではこのような開き直りは自殺行為なので、なんとか現状を好転させる方策が必要なることは疑いがない。

実は、多額の競争的資金を得ているような「パワー・ユーザー」と施設との関係は微妙で、この関係はSPring-8ではより象徴的に現れており、PFではまだその症状は軽いという印象を私は持っている。パワー・ユーザーが「義理立て」する相手は、施設と言うよりもその資金を支出した財政当局であるという潜在意識が強い場合が多いように見える。施設側からみると、パワー・ユーザーは頭を下げてでも是非ともビームタイムを（同時にある程度の資金を投資して）利用してほしい対象に見える場合もあるように思える。パワー・ユーザーは財政当局にたいしてアピールするように、Nature, PRL等の「インパクト・ファクター」が高い雑誌に投稿する傾向があるので、ビームタイムあたりの論文生産率が低下しても決して不思議ではないのである。少なくともパワー・ユーザーを抱え多数の専用ビームラインをもつ理研とJASRIが別組織であることも問題を複雑にしているが、PFにはこの種の問題はない。

この意味では、すべての放射光施設がパワー・ユーザーと「カジュアル・ユーザー」をどの程度バランスよく利用機会を振り分けるかというバランスが非常に重要であるように思える。一般的には、大半のカジュアル・ユーザーはビームタイムあたりの論文生産率を高めたいという指向性が非常に強いのである。なぜならカジュアル・ユーザーは、放射光を利用して論文を書くことが「スモール・サイエンス」の研究者として生きていく唯一の道（作法）になっている場合が多いからである。たとえば利用のための旅費が支給されるかされないかどうかともカジュアル・ユーザーにとっては大問題であり、支給されれば施設に報いたいと思うのが本来の習性なのである。

実はPFでは、もっと違った特徴があったように思う。論文生産という点では非常に健全であったという印象を持っている。それはPFはある意味で「名門」であり、カ

ジュアル・ユーザーだけでなくパワー・ユーザーですら施設に報いる潜在意識が強かったと言うべきではなかろうか。たとえば過去のS1課題とかS2課題を見るとそれらの課題に関わる論文出版数は非常に多い。そういう認識があるので、施設側から「採択率」を下げる可能性について言及したとき、私は否定的な見解を述べた。他の参加者からも、採択率の低下はユーザー数の増大の結果であるべきで、目的化してはならないという発言があったのは印象的であった。

もっとも、ユーザーを二分して考えるのは粗すぎる分析かもしれない。我々はかつて、ビームタイム毎に実験装置やクライオスタットを大学から持ち込んだ事があり、そうすると、施設にたいしてよりも、そのような装置を建設した自分自身にたいして「義理立て」する潜在意識があった時期が過去にある。（現在では完全にカジュアル・ユーザーの立場である）このようにカジュアル・ユーザーでもパワー・ユーザーでもない複雑な意識もあり得るので、もっときめの細かい分析が必要であろう。

その他、施設内のスタッフの役割も、露わな議題にはなっていないが、実質的には議論すべき重要なテーマであった。諸々の矛盾がそこに集積する可能性があるからである。しかし紙面の都合があるので今回は割愛する。

春の応用物理学会シンポジウム

「X線・中性子によるquick反射率法の展望 - 表面や埋もれたナノ構造の変化を追う」シンポジウム報告

物質・材料研究機構 桜井健次

X線および中性子による反射率法は非破壊に薄膜・多層膜の表面や埋もれたナノ構造の情報を与える手法である。通常、平行化させた細束ビームにより微小角域で精密な $\theta/2\theta$ 走査を行う方法が用いられており、研究対象が安定な系、あまり変化しない系に限られていたが、最近、こうした角度走査を行わず、きわめて迅速にデータを取得する技術への期待感が高まっている。3月30日（水）、2005年春の応用物理学会（埼玉大学）において、「素早い」「時分割」あるいは「試料をほとんど動かさない」反射率法および関連技法の技術開発動向と応用を展望したいという問題意識を背景として「X線・中性子によるquick反射率法の展望 - 表面や埋もれたナノ構造の変化を追う」と題するシンポジウム（平均参加者数、約60名）が開催された。

X線反射率ユーザーグループでは、2001年12月以来、継続的に研究会を企画しており、今回が5回目である。来年は、ミニ国際ワークショップを開催する方向で検討中である。関心のある方は筆者まで積極的にお問い合わせいただきたい（e-mail: sakurai@yuhgiri.nims.go.jp または sakurai@pas.tsukuba.ac.jp、電話：029-859-2821）。



写真1 講演に聞き入るシンポジウム参加者

プログラム：

- 午前の部の座長 平野馨一 (KEK)
 9:00 ~ 9:40 「quick 反射率法の現状」NIMS ○桜井健次
 9:40 ~ 10:20 「InP 系ナノワイヤー構造形成過程のリアルタイム観察」
 NTT 物性基礎研¹, 兵庫県立大²
 ○川村朋晃¹, 藤川誠司², Satyaban Bhunia¹,
 渡辺義夫¹, 尾身博雄¹
- 10:20 ~ 10:40 休憩
 10:40 ~ 11:20 「X線 CTR 散乱法による半導体結晶界面評価に対する quick X 線反射率法の応用」
 名古屋大学 VBL¹, 名古屋大学工学研究科²
 ○田淵雅夫¹, 竹田美和^{1,2}
- 11:20 ~ 12:00 「InAs/GaAs(001) 量子ドット成長のリアルタイム X 線測定」
 原研 SPring-8 高橋正光, ○海津利行
- 12:00 ~ 13:30 昼食休憩
 午後一部の座長 松野信也 (旭化成)
 13:30 ~ 14:10 「実験室における液体表面 X 線反射率測定装置の開発と応用」
 学習院大理 ○矢野陽子
- 14:10 ~ 14:50 「水面上の有機単分子膜の XR と GIXD
 - 迅速測定の意義と将来展望 -」
 宇都宮大工 ○飯村兼一
- 14:50 ~ 15:10 休憩
 15:10 ~ 15:50 「エネルギー分散型 X 線反射率と X 線導波路現象を利用した薄膜評価技術」
 東北大金研 ○林好一
- 15:50 ~ 16:30 「中性子反射計の現状と J-PARC における quick-NR への展望」
 原研先端研 ○武田全康
- 16:30 ~ 16:50 休憩
 午後二部の座長 坂田修身 (JASRI/SPring-8)
 16:50 ~ 17:30 「反射率 XAFS による表面スペシエーション (立命館 SR 事例)」
 リコー中研¹, 立命館大², ○谷克彦¹, 西勝英雄²

17:30 ~ 18:10 「GI-SAXS による薄膜・多層膜の微細構造の迅速評価」

京大国際融合¹, 京大院², 東北大金研³ ○奥田浩司¹, 落合庄治郎¹, 小川高志², 森本芳史², 宇佐美德隆³, 中嶋一雄³

春の応用物理学会シンポジウム**「X線・中性子による quick 反射率法の展望 - 表面や埋もれたナノ構造の変化を追う」に参加して**

NTT 物性科学基礎研究所 川村朋晃

2005 年春の応用物理学会で 3 月 30 日に開催されたシンポジウム「X線・中性子による quick 反射率法の展望 - 表面や埋もれたナノ構造の変化を追う」に参加する機会を得ることができた。私自身は半導体の成長過程における構造変化のリアル観察を一つのテーマとしており、今回の quick 反射率法は私自身にとっても時宜を得たものであったように思う。

今回は一講演 40 分というシンポジウムとしては長すぎる持ち時間ではないかと思っていたが、それぞれ講演者の方々に非常に力が入った講演をして頂いたおかげで講演時間一杯飽きることなく楽しむことができた (なお液体表面反射率測定および有機単分子膜については都合により聴講できなかったため、主に半導体薄膜の構造解析と quick 反射率測定という観点から見た感想であることをご容赦願いたい)。

今回のテーマである“quick 反射率測定”に関してはより迅速な測定という面とリアルタイム反射率測定という二つの側面があるように見受けられた。このうち前者は反射率測定という手法がより多くの材料・対象をカバーして世の中に受け入れられるために非常に重要であり、一方後者は現時点でどこまでリアルタイム解析が可能か、あるいは解決しなければいけない問題は何か、という観点での議論になると思われる。これに対して今回のいずれの講演もシンポジウムの主旨を充分理解した発表・議論だったように思う。特に後者のリアルタイム反射率測定に関しては多くの試みがなされているにも関わらずまだ多くのことが残されているということと、リアルタイム観察が実現することにより得られるものも予想以上に多い、という感想を抱いた。

午前中の講演は半導体材料に関するものが主であり、リアルタイム測定によってどんなことが得られるかについての現状および可能性について主に化合物半導体材料を例とした講演であった。半導体成長の場合、“界面”はその薄膜・デバイス特性に大きく影響するにも関わらず、成長中に界面で何が起きているかは未だに良く判っていない。今回のように反射率のみならず CTR 散乱や斜入射 X 線回折を組み合わせることでよりたえ ex-situ であっても成長プロ

セスの解明につながる情報が得られることは非常に印象的であった。またX線回折法が化合物半導体の超格子構造やナイトライド系材料の作製プロセスにすでにビルドインされており結晶成長には欠かせないものとなっていることを考えると、リアルタイム評価技術を実現させることは非常にインパクトの大きなものとなるであろうことを期待させた。さらにナノ構造の評価に関してはX線測定によるナノ構造評価技術自体がまだ充分確立しているとはいえない現状の中で、量子ドットの成長過程をモニターできるということを実証して見せたことは意義が高いと思われた。

午後の後半のセッションではリアルタイム測定につながるX線反射率以外の手法の紹介としてX線導波路現象による薄膜評価、中性子反射率測定、反射EXAFSおよび小角散乱による研究の紹介があった。このうち白色X線を用いるX線導波路現象による薄膜評価と反射EXAFSがリアルタイム測定の可能性を示したのに対し、中性子反射率測定(quick-NR)およびX線小角散乱測定(GI-SAXS)に関する講演では現実的にリアルタイム測定が可能かどうかの議論がなされており非常に興味深かった。特に白色X線を用いた手法の場合、原理的に試料を動かす必要がないためリアルタイム測定に対するマッチングは非常に良いように思われ、今後の発展が期待できる。一方中性子反射率測定およびX線小角散乱はすでにその有効性は充分示しており、今後はリアルタイム解析への展開を図る段階にあるようにも思われた。

リアルタイム測定における時間スケールは測定対象の材料・構造によって異なっており、一概にどれ位のタイムスライスが必要ということはないが、基本的には短いに超したことはない。たとえば半導体薄膜の成長の場合、原子一層レベルでの議論をしようとする一秒以下で変化する現象を追う必要があるのに対し、層構造の変化を見るのであれば分単位の測定でも充分である。また半導体ナノ構造(ナノドット、ナノワイヤーなど)は成長自体が分単位で終了することが多いことを考えると、秒単位の測定でデータが取れることが望ましくなる。そういう観点から考えると全体を通して試料・検出器をほとんど動かさずにすむX線小角散乱測定が現時点での半導体材料のリアルタイム解析としては一番実用的なように思われた。一方解析モデルという観点から見ると単純な膜構造を仮定するだけですむ反射率測定は(たとえ限界があるにせよ)、半導体の膜構造の解析という観点から考えると、もし高速・簡便な測定が実現できれば非常にインパクトが大きいものになると思われる。

今回のシンポジウムではquick反射率(私自身はリアルタイム反射率と翻訳したのだけれど)の理想と現実を知ることが出来、また将来への希望を抱くことができた、ということで私自身に関しても非常に有意義であった。このシンポジウムは考えてみれば材料としては半導体・金属から有機・バイオまで、測定法としてもX線・中性子線の反射・散乱から回折までを含む非常に広い範囲をカバーしており、最近のあまりに専門化された講演とは異なり

interdisciplinaryな領域での話が聞けたことは非常に面白かった。来年はミニ国際ワークショップが開催されるということでもあり、今後もこの研究会がさらに発展していくことを期待したい。

平成16年度第2回 PF懇談会幹事会議事メモ

日時：2005年3月11日(金) 17:00～19:00

場所：PF研究棟2階会議室

出席者：雨宮慶幸(東大・会長)、高橋敏男(東大・利用)、佐藤衛(横浜市大・行事)、齋藤智彦(東理大・利用)、一國伸之(千葉大・編集)、間瀬一彦(PF・利用)、土屋公央(PF・会計)、宇佐美徳子(PF・利用)、松下正(PF)、春日俊夫(PF)、野村昌治(PF)、森史子(PF・事務局)

1. 雨宮会長より、田中雅彦氏の物材機構への転出に伴い、庶務幹事が田中氏から足立伸一氏に交代したことが報告された。
2. PFシンポジウムの「将来計画」「PFの運営」セッションにおいて議論すべき内容について意見交換を行った。
3. 各幹事の活動報告を行った(詳細は運営委員会議事メモを参照)。
4. 来年度の活動方針、およびPF懇談会の役割について意見交換を行った。

平成16年度第1回 PF懇談会運営委員会議事メモ

日時：2005年3月17日(木) 12:00～13:00

場所：国際交流センターユースブルーーム2

出席者：(所外委員)雨宮慶幸(東大・会長)、太田俊明(東大)、尾嶋正治(東大)、柿崎明人(東大)、河内宣之(東工大)、桜井健次(物材機構・広報幹事)、高倉かほる(国際基督教大)、高橋敏男(東大・行事幹事)、中井泉(東理大)、宮原恒あき(都立大)、村上洋一(東北大)、若林克三(阪大)(所内委員)飯田厚夫、伊藤健二、伊澤正陽、春日俊夫、河田洋、小林克己、野村昌治、前澤秀樹、松下正、山本樹(幹事)佐藤衛(横浜市大・行事)、齋藤智彦(東理大・利用)、一國伸之(千葉大・編集)間瀬一彦(PF・行事)、土屋公央(PF・会計)、足立伸一(PF・庶務)、宇佐美徳子(PF・利用)、森史子(PF・事務局)

1. 松下副所長より施設報告が行われた。
2. 事務局(庶務幹事代理)より、会員状況報告があった。また来年度の名簿作成および運営委員選挙のスケジュールについて説明があった。前回名簿作成時に議論された自宅住所欄の扱いについては、前回と同様、「自宅住所欄は設けるが希望者は非公開にできる」とした。

3. 会計幹事より、平成 15 年度収支報告、平成 16 年度収支中間報告が行われた。
4. 行事幹事より、平成 16 年度「放射光利用研究基礎講習会」の報告が行われた。また PF 懇談会として日本放射光学会年会プログラム委員会、PF シンポジウム実行委員会へ参加したことが報告された。
5. 利用幹事より、ユーザーズグループ代表者会議について報告があった。また、将来計画検討への取り組み、メールマガジンの発行について検討していることが報告された。
6. 編集幹事より、PF ニュース編集委員会の平成 16 年度の活動報告、および平成 17 年度活動方針について説明があった。
7. 広報幹事より、入会・所属等変更手続きの電子化について報告があった。また、紙版の名簿に代わるものとして、ウェブ上で会員情報を検索できるサービスについて検討を始めていることが説明された。
8. PF 懇談会総会の議題について審議した。
9. PF シンポジウム内の「PF の運営について」セッションで取り上げる話題についての議論を行った。

平成 16 年度 PF 懇談会総会議事録

日時：2004 年 3 月 18 日（金）09:00～09:30

場所：高エネルギー加速器研究機構

国際交流センター交流ラウンジ 1・2

1. 各幹事から活動報告および来年度の活動方針の説明が行われた（詳細は運営委員会議事メモ参照）。
2. 会計幹事より、平成 15 年度決算、平成 16 年度収支中間報告が行われた。平成 15 年度決算について承認された。