

# パネルディスカッション

(文責：五十嵐教之)

日時：2016年3月31日13:40～15:30

場所：KEK研究本館小林ホール

座長：櫻井伸一先生（小角散乱UG代表）

パネラー：平井光博先生（現PF-UA会長として）

佐藤衛先生（前PF-UA会長として）

雨宮慶幸先生（日本放射光学会元会長として）

奥田浩司先生（小角UG副代表として）

上久保裕生先生（小角UG副代表として）

山本勝宏先生（小角UG副代表として）

清水伸隆先生（BL担当者として）

## <内容抜粋>

- 小角散乱UG代表の櫻井先生より、今後のUG活動について説明があり、特にアピール活動への協力依頼があった。
- BL担当の清水先生より3GeV高輝度光源でのビーム性能や、目指すビームライン像の紹介があり、これを叩き台として広く意見を募集し、本当に必要な施設や装置にしたいとの説明があった。  
⇒講演スライド参照
- 3GeV高輝度光源の検討状況や、機構内の状況等について報告や意見交換があり、PF-UA会長の平井先生より、3GeV高輝度光源のフラッグシップとなるサイエンスの提案について、PF-UAの各UGに提案依頼を送ったとの説明があった。
- 小角散乱UGに関連するサイエンスや手法、施設について、パネラーの先生を中心に意見交換があった。課題解決型、計算科学等他手法との融合、ありのままの姿を見る、軟X線領域の利用、産業界との連携、等のキーワードが提示された。
- 生命科学分野では構造生物学研究センター内で医学をターゲットとする課題解決型の枠組みを検討している。材料科学系については機構内に専門グループが無いので、ぜひUGの専門家から提案をして欲しいとの依頼があった。また、産業界からの提案も期待したいとのコメントがあった。

⇒提案は小角散乱UG代表、副代表、及びBL担当者まで

セッションでの議論内容の詳細は次頁以降を参考のこと。

## 1. 趣旨説明（櫻井先生）

### 1-1. 小角散乱の今後と小角散乱UGの活動

- ・今後のUGの活動予定として、今年の9月末にグラッター先生がPFを来訪されるので、できればそのタイミングで研究会のようなものを開きたい。
- ・報告として、今回講演頂いた岸本さんがゴム協会の協会賞を受賞、高木さんが繊維学会の奨励賞を受賞される。コミュニティにとっても受賞をキッカケに小角散乱は役に立つとアピールしたい。ウェブに掲載するなどしてアピールしたいので、他にもあればぜひご連絡ください。また、皆さんが所属しておられる多くの学協会で、小角散乱を利用したご研究の成果を、学協会賞受賞候補者に自薦他薦して頂き、「受賞」を通じて、小角散乱の有効性を広くアピールすることにつなげて行きたいと考えている。そのような取り組みに対してご協力をお願いしたい。

### 1-2. PFシンポの報告

- ・さらなる要望の具体化に向けてPF研究会で徹底討論しますと宣言した。このパネルディスカッションを利用して議論したい。
- ・次期光源のビームの紹介があり、2mmビームでも十分明るい。ナノビームも50nm、FZPで25nmぐらいのビームが作れそう。ただし、ビームがこんな小さくなってしまうと、試料のどの位置にビームを当てているのか観察することができない。従来のマイクロビームだと光学顕微鏡での観察が可能だが、ナノビームの場合は、原子間力顕微鏡が必要。すなわち、試料位置でのAFM観察とnano-SAXSの同時測定か。それを行えるようにすること（イノベーション）が必要で、それによって新しいサイエンスが切り開かれることになるということかもしれない。
- ・次期光源の計画では58本のビームラインを設置可能と言うことだった。先行的には10本ぐらいが作られるのではと思うので色々提案していきたい。レオメータ等に役立つV-SAXSなんかも面白いかも。また、広角散乱測定でも角度分解能を小角並みにしたいとか色々考えている。
- ・小角散乱UGからの提案として報告した資料を前方スクリーンに映し出して紹介。色んな分野が集まっている小角分野は、様々なシーズを発することができると提案した。新光源はCrude Scienceの幕を開ける、ありのままの構造解析、地球はソフトマターに満ちている（太田先生の言葉）などをキーワードとして説明した。また、様々なシーズの具体例を紹介した。

## 2. PF研究会発表のおさらい（清水）

### 2-1. 次期光源で目指す小角散乱ビームライン像とは？

- ・コヒーレント性能を活かしたサイエンス、それを活かせるような驚くべきビームが出る。ただ、篠原さんから、コヒーレンスが本当に幸せですかとの問いかけがあったように、課題は多い。施設側もいきなりフルに全てコヒーレント性能を活かすものだけというのは考えていない。まずは今あるものを先鋭化する。

### 2-2. CDRで提案しているビームラインの説明

- ・既存技術の先鋭化として、BioSAXS専用ビームラインとマテリアル用ビームラインを提案。長いカメラ長を配置することで、広い空間領域をいつも測定できる状態を作る。ビームを小さくしてマッピング（10-20 $\mu$ mのスキャン）も標準装備としたい。試料周りは自由度を設け、例えば分光との同時測定なども容易にできるようにする。
- ・最先端ビームラインのCDRとしては、低エネルギーX線を利用したGISAXSビームライン。現在もBL-15A2で手がけているが、ビームが小さくなればより効果的。現在は2.1keVまでだがもっと低いエネルギーの利用、特にカーボンあたりまで届くと非常に良いが、解決しなければならない事が多く、CDRには含めていない。

また、コヒーレンスの取り扱いも問題。GISAXS測定でもスペックルが出てくるので、色々な先生方にお知恵を拝借したい。解析には情報工学など、別の分野の人との連携も大事だろう。解析の標準化ができるの良い。

その他、低エネルギーX線を利用したGISAXS、試料周り、ヘリウム環境などを考えないといけない。ガス環境での実験も要検討。

- ・ビームラインの建設、開発にはマンパワーが必要で、それが非常に大きな問題。自動化で少しは手助けにはなるが本質的ではない。そのため、CDRはマンパワーも考慮に入れた提案になっている。この提案はあくまで叩き台。ぜひ皆さんから意見を頂き、本当に必要な装置や施設にしていければと考えている。

#### <質疑応答>

Q：CDRとしてもう提出するのか？まだまだ時間があるのか？

A：特にサイエンスケースについては、まだまだ既存の延長でしかない。ぜひ先生方のお知恵を借りて、本当の意味でのサイエンスケースとしたい。特に材料系については弱いので、ユーザーの先生方からも出して貰いたい。

Q：PFシンポの時に3月末締め切りと言うことだったが？

A：今の段階のものはいったん締め切る。ただその後、それをベースに色んな議論があって煮詰めて行き、最終形はまだ後となるという理解で良いんですよね？

C：(コメント)：どう進めて行くかは決まっていない。サイエンスケースが重要。今現在、PFの計画策定段階に過ぎない。ぜひ計画が実現して新光源を作れるように素晴らしいサイエンスを議論して欲しい。今必要とされているのは牽引していくサイエンス。ぜひご協力をお願いしたい。

### 3. パネルディスカッション (敬称略)

雨宮) 新光源のためのCDRだが、私が知る限り、ERLを作るために10年前からCDRを作ってきたと思う。使う立場から言うと、新光源と今までのERLとの違いは、輝度が少し悪くなったぐらいに見える。敢えて違いがあるとしたらバンチだろう。今まで議論を積み重ねきているので、にわかにやっている訳ではない。今までの議論もきっちり含めて、その蓄積を大事にすることが必要。もちろん新しい情報が加わっているのでも、適切にリバイズしていくべきだと思う。

光源に関しては、チャレンジし過ぎないようにして欲しい。スペック (パラメータの数値) は全て良いが、唯一の欠点は実現しないことです、ということにならないように。昔、PFができるときに、その時の主幹の富家先生がとにかく確実にビームを回すといった方針で作って、NSLSよりも早くビームが立ち上がった。その後使いながらバージョンアップをしていった。そのときも光源グループの中では安全圏内などではなくチャレンジなことをやれと、色々な議論があったことを憶えている。やはりPFの良いところは安定性、使いやすさ、シャットダウンが少ないこと。そういう信頼性が大事だと思う。新光源には、確実に実現できる、確実に使えるものが望まれていると思う。

平井) ERLの時とはイメージが違っており、我々がイメージしやすくなっているのではないかと。今回清水さんから示していただいたことで、さらにイメージできるようになった。フラッグシップについて、ビームの特徴から来るものとしては、不均質系などのキーワード、Crude Scienceをどういう風に狙うかといったところではないかと。GISAXSなど、小角散乱でも多様な使い方ができる。その他マルチプローブや計算科学など、全体の流れの中で新光源、SAXSがどのような役割を果たすかという話も大事。何を小角で見ると言うだけだとフラッグは立たない。X線、電顕、中性子、計算科学、全てリンクした中でSAXSを引き出すのが大事なのでは。奇しくも本日の住友ゴムの岸本さんの発表がインパクトがあった。上久保さんのSystems BioSAXSも、トータルと

して包括的にシステム化することが重要と言える。トータルに巻き込んで、小角散乱手法が無ければそのループが回っていかないと言うのが大事ではないか。

上久保) 小角散乱に限らず結局モノを測る時には包括的にやらなければいけないと言うのは昔から言われていた。こういう場で次期光源を立ち上げていくときに方法論でシステム作りと言う主張の仕方も必要だと思うが、現在の科学技術などで問題になっている課題を解決できると言うのも大事なのでは。Crude Scienceという観点でも、またテクノロジーという観点でも、枠組みを広げていきたいと思いますという話。その中で、例えばマイクロビームが標準的になると言うのであれば、それを使ってガン治療や診断につながりますよと言うようなお題目も求められているのではないか。科学技術の進展と言うのと現在の国策を考えると、例えば細胞を試験管内で調製することなく、すなわち、生体外に取り出してこなくても測定できるようになるという説明は良いのかなと思う。今でも核の中でどんなことが起きているのか分からない。それが普通の空間分解能で見れるようになったという主張はできるかと思う。測定したものをどう解釈するかは問題。従来とは異なる解決の仕方や解析を超えたところに見出していこうという言い方は有りかなと思う。大規模データの処理・解析はどの分野でも必要。KEKにも計算科学センターがある。素粒子・核物理だけでなく、今後は放射光データについても同様の計算科学分野とのコラボが重要。KEKを挙げて放射光を何とかしていくのであれば、そのリソースの活用も含めて議論して貰えば良いのでは。スペックについては、パルスのFEL (Free Electron Laser) かCWのSR (Continuous Wave Synchrotron) かと言うぐらいの光源性能になってきていると思う。要するにFELでやろうとしてきたことが簡単にできることになる、というところが目玉になるのかなと期待している。目玉は急に新しく出てくる訳ではなく、昔からみんな考えてきていて、それを実現する上でFEL型が良いのかSR型が良いのか考えていくと、淘汰された結果、実はSR型が使い易いんだ、だからそれで実現していくんだというのが結論となっているのではと思う。試料周りに人を割いていって、もっとエンドステーションも含めた開発をしていくんだと言う盛り込む方をするのが今の新光源っぽいのではとの印象がある。

佐藤) 小角散乱UGは産業界からの発表がたくさんあった。それは非常に大きい。PF-UAの一番新しいUGも産業利用となっている。今回は小角散乱の立場から参加して頂いているが、できれば産業利用UGの方にも入って議論に参加して頂きたくお願いしたい。SACLAも最初の段階から蛋白結晶いらないよというのがフラッグシップだった。PF建設のときもフラッグシップが必要だった。新光源計画の場合でも、もちろん必要。良いアイデアがでてくると実現性が増して細かい話に入っていける。今は何か大きなフラッグを上げたいと言うことで議論して頂きたい。

例えば生命科学で言えば、ABC問題という話があったが、創薬ターゲットであるガン、ターゲットはほとんどが核内蛋白質で、転写因子に変異がガンガン入っていて結晶になかなかならない。私はdisordered scienceと言っているが、結晶にならないものが新光源計画のターゲットになると思う。だんだん創薬ターゲットが難しいものになっていっている。人の蛋白質はなかなか結晶にならないので、BioSAXSを中心とするdisordered scienceが大きなフラッグシップになるかなと思う。そうなってくるとBioSAXSとPX (Protein Crystallography) とのコラボ、京などの計算科学等、色々な分野との融合と言うのが一つのやり方かなと思う。そこには多くの製薬企業も巻き込んだ形でフラッグシップとさせて頂けたらと思う。

将来計画検討委員会のまとめがKEKに提出されている。強いメッセージとして、UGから応援が欲しい。その内容はいずれ公開されるが、大学共同利用の火を消してはいけないことが挙げられている。しかしこれまで産業利用の観点が不足していた。企業の方にもどんどん使ってもらって、それをPFの成果としたい。21世紀にふさわしい共同利用のあり方を提言しているので、ぜひ産業利用の立場からの強いメッセージも期待したいと思っている。

奥田) 金属分野は材料開発には役に立つが非常に地味。しかし、その結果がどのくらい使われるかと言う意味ではいくら地味でも波及効果大きい。ぜひ産業利用を進めていただけたらと思う。ただフラッグシップという意味ではきつい。

一般の人へのアピールとしては、イメージングの方がインパクトがある。電子顕微鏡で見れるじゃないか、と言われる。もちろんそれで見れない部分を構造解析するために散乱手法を使っているのだが、フラッグシップとして考えるとアピールとしては微妙だと思う。

日本の現状ではGISAXSで深さ分解構造解析するのが最先端。昨日の発表で、試料の厚さを変えて調べていったら、試料の奥深い中で構造が歪んでいたとの報告があったが、ヨーロッパではナノビームを使って、どこでどうなっているかをすでに見ている。

櫻井) 実際の構造を顕微鏡で見ると、どうなっているのですか?と必ず質問される。可視化を進めないといけない。地味なのはどれも地味だと思う。住友ゴムの岸本さんの高性能ゴムの開発研究でも、その成果が一般の方の注目を浴びるようになったのも、地球環境問題とリンクできたことが大事だったのでは。その観点が必要で、それが今回のフラッグシップなのではと思う。

山本) 高分子だけで材料ができていく訳ではないのが実際である。金属や無機とかとくっついている。今はモデルとかでわかりやすいものになっているが、実際のサンプルでやっていると分からないということがある。それを段階的にクリアしていく必要があるが、ありのままで見れるのが良いのだと思う。生体適合材料でも水とポリマーの界面とか、マイクロビームとかナノビームを利用した顕微法などを期待したい。

今3本とっているが、足りないのではないかな。今は測定できるビームラインが無いが、炭素のK吸収端付近の非常に低エネルギーのX線の異常分散を利用した散乱測定を行ってコントラストを変化させることができると面白い。固-液GISAXSとかもイメージしていきたい。その際にはビームを振って、確実に固液界面にビームを当てる必要がある。

平井) PF-UA会長として、各UGに宿題だけ投げて自分自身イメージができていないが、何本もフラッグが立つわけにはいかない。小角は雑多で、あらゆるマテリアル、他の手法も引き入れることができる。局所からマイクロまでの広範囲をざーっと見れて、さらに短い時間のダイナミクスも測定できて、それを活かしてCrudeなものを捉えて絵にできるんだというのが大事ではないかと思う。そしてそれが例えばガンとかのターゲットになっているとか、そういうトータルなイメージでのフラッグシップが欲しい。また、フラッグシップの中で、その一つとして産業利用と言うのも良いのではと思っている。

櫻井) 高齢化社会への対策なども良いターゲットになるのでは。

雨宮) 小角散乱測定絡みのフラッグシップとして、小角散乱測定としては一つしかないと思う。それは、2keV以下の軟X線で何ができるか、ということ。今は軟X線の最適な光源がない。それ以上のエネルギー領域では現在SPring-8でほとんどできてしまう。SPring-8で欠けていることは、ビームタイムが不十分、装置周りを自由にできないということぐらい。新光源が無いとできないことは、軟X線領域の実験。この領域ではこれまでスペクトロスコーピー(分光)しか行われていなかったが、そこで散乱でこういうことをやるんだという旗が立てられればフラッグシップになる。更に、産業利用や、大学共同利用研としての人材育成を盛り込むと良いが、フラッグシップについては軟X線利用。そこでどんな新しいサイエンスができるかと言う方向で検討することが大切。

清水) まったく一緒の意見。今提案しているSAXSビームライン3本のうちの1本も低エネルギーX線を利用したGISAXS測定をかかげたフラッグシップを出している。他の2本は、既存の高度化、(PFの中で2種類にクラス分けしている)。その2本柱で準備している。

CDRでは、分野で分けて書いている。生命科学の方は、構造生物のグループと協力して書いている。それと別に、マテリアルサイエンスを書いている。生命科学は、佐藤先生からも紹介があったように、ABC問題に取り組むというフラッグシップで、PXやBioSAXS、その他の手法と組んで解決すると言うストーリー。

一方、もう一つのマテリアルサイエンスに関しては、私は専門外なので、手法としては理解しているが、何がトレンドで何が問題でということがフォローできていない。ぜひ議論を頂きたい。その中で特に一つフラッグシップになるのが低エネルギーX線と考えていて、そこでどのようなことが理解できるのかと言うのが打ち出せると良いと思っている。

#### <質疑>

C：施設側からコメントする。雨宮先生はERLですでに十分検討していると言われた。それは重要なベースだが、それに加えて、今求められているのは、上久保先生がコメントされたような課題解決の観点である。政府から必要な施設であると言っていただくために、そういう視点をいかに出していくかが大事。イノベーションをそのままやるのではなく、イノベーションをやるための新しいサイエンスを作る、好奇心ドリブンだけではないということのアピールするのが大事だと思っている。その点でアイデアを頂けるとありがたい。

Q：時期はどれくらいを想定しているのか、SPRING-8-IIの方では7年を目指したいと報告がある。タイミングはどの程度を想定されているか？

A：オフィシャルに言える状況ではないが、KEK内のコンセンサスが得られるのが5、6月、そこからオールジャパンの議論のスタートかなと思っている。日本全体の調整が必要だが、今の所はまだそこまでしか言えない。

C：準備万端にしておくのが大事。もちろん状況は変わるかもしれないので、フレキシブルにしないといけないが、5、6月に公開されればいつでもスタートできるよう、ユーザーもその意識を持って参加して欲しい。

C：施設側の方へのお願い。ユーザーは常に何か考えていかないといけないが、光源を作るためには施設側が頑張らないと。施設が良い計画を立てないといけない。スペックとしてのパラメータの数値が良いというだけではなく、実現性、フィージビリティが大事。ERLではテクニカルフィージビリティを何度も聞いた。できますと、と何度も聞いたが、でも実はそうじゃなかった。2番目はポリティカルフィージビリティ、ERL計画を東大通りから出す(KEKの計画として文科省まで提出する)、と聞いていたが、一度もKEKのプロジェクトとして認められてはなかった。ある時、当時の所長に、IMSSはKEKからでた方が良いのではと言ったこともある。3番目はファイナンシャルフィージビリティ、ERLは良いものを作るというのでどんどん予算が膨らんだ。高エネルギーの文化と放射光の文化と違うからしょうがないが、非常におおらかだったと思う。3つのフィージビリティを良く考えて、チャレンジするのは大事なんだけど、実績やニーズに応える将来計画をデザインして欲しいとお願いしたい。

C：その点に関しては佐藤前会長も含めて何度も話をして、機構長、所長にも話している。施設側では理解いただいていると信じている。

C：IMSSに対しての意見をもらったので、私見だが、今の雰囲気は執行部の態度はポジティブ、少なくともERLのときのように機構はずかり知らぬということではない。一方で加速器の人たちからしたら世界一の加速器を作りたいという、2番煎じだとモチベーションが湧かないと言われるのは事実。やはりそれを引っ張るのはサイエンス、素粒子・原子核はうまくて、これをやるとノーベル賞になるよという。もちろん物質科学・生命科学でもノーベル賞は出ると思う

が、万人が納得するサイエンスを提示することが重要だろう。そうすれば必ず動いてくれると思う。

- C：将来検討委員会でも、過去を調べて雨宮さんが言われた3つのフィージビリティが大事だと話をした。今回の計画については、光源のグループも研究としても成り立つ、実現性も高い。ERLの時の将来計画検討委員会の資料を隅々まで見たが、素人目で見ても見切り発射だったと思われるものだった。今回はKEKであれば既存のものもいろいろ使える。ファイナンシャルフィージビリティも妥当。後はポリティカルフィージビリティだけ、そこが皆さんに協力を仰ぎたい部分。まさに新光源計画を東大通りに出して文科省まで提出できるように、皆さんのお力をお借りしたい。もしゴーサインが出ればトントントンと行くと思う。ERLのようなことはないと言うことは言えるんじゃないかと思う。
- C：フラッグシップのことは一言で簡単に分かるようお願いしたい。分野で分けると言うのは不可能、構造の可視化ができるというのをコンセプトで作って貰えば。
- C：平井先生がおっしゃられたように、大きなループの中で、その中心的な役割として小角散乱手法があり、そのループの中には産業利用であったり医学応用であったり、課題解決型のターゲットなりがあり、それが2、3の言葉で表せると言うイメージじゃないかと思う。それを皆さんから分野を問わず提案して頂くということになるかと思う。
- 時期はいつまででか？夏だと遅いと言うことか？
- C：KEKの国際評価委員会が5月に開かれる。そこでプライオリティの1番に上がれば、それこそ東大通りを出る可能性が非常に高くなる。そこから積み上げる必要があるので、ぜひじっくり議論して欲しい。
- C：まだ先は遠いがイメージができてきたと思うので、まずは皆さんに提案して頂いて、いろいろ上がってきたら一つにまとめさせていただくことになる。今までの必要条件を満たすようなキャッチーなものをお願いしたい。小角散乱UGの代表、副代表や五十嵐さん、清水さんまでフラッグシップの提案を挙げてきて欲しい。