

APS-ESRF-SPring-8 3極ワークショップ報告

財団法人高輝度光科学研究センター
放射光研究所 加速器部門
宮原 義一、原 雅弘

9月23日から24日までAPSで第5回3極ワークショップが開かれ、SPring-8 から10人、ESRFからも10人、APSからは20~30人が参加した。この会議は1994年にESRFで開かれて以来、毎年ESRF、APS、SPring-8の施設が持ち回りで開かれ、加速器とビームラインを中心とするお互いの情報交換、議論を通して実際の国際協力をおこなっている。次回はSPring-8の予定である。

APSは、4年前別用で訪問した(原)時に比べて、広々としたキャンパスに立派な中央研究棟とゲストハウスが新たに建設され、見違えるようにきれいな研究所になっていた。会議の予定が間際になって決まったため、あまり時間がなくて講演の準備に追われたのと、会議は2日間びっしりとスケジュールが生まれ、会議の翌朝帰国したので、あわただしい出張であった。APSの蓄積リングは運転中で中に入れず、コントロール室だけ見た。会議の内容も分からないところが多かったので、確認したり、議論したり、また、実験室を見たりするために、1日後に帰国すればよかったと悔やまれる。会議の内容は、OHPのコピーが近くAPSから配布されることになっている。詳細はそのコピーを参照されたい。

今回のワークショップのプログラムを以下にあげておく。

APS, ESRF, SPring-8 Meeting
September 23-24 1998, Bldg.401, Seminar Room A1100

Wednesday, Sept. 23

A. Facility Reports -[D. Moncton, Chair]

8:30 a.m.	SPring-8	H. Kamitsubo
9:00 a.m.	ESRF	C. Kunz
9:30 a.m.	APS	D. Moncton

B. Operational Topics: Storage Ring - [H. Kamitsubo, Chair]

10:30 a.m.	APS Accelerator Performance	J. Galayda, APS-ASD
------------	-----------------------------	---------------------

11:00 a.m.	Transverse Aperture Related Lifetime Limitations	A. Ropert, ESRF
11:15 a.m.	Filling Patterns:High Current Limitations	J.M. Filhol, ESRF
11:30 a.m.	SPring-8 Accelerator Performance	Y.Miyahara, SPring-8
11:45 a.m.	Bunch Configuration and Emittance coupling in SPring-8	M. Hara, SPring-8

C. Operational Topics, IDs, Beamlines, and Optics - [Y. Petroff, Chair]

1:00 p.m.	Front Ends: Present and Future	J.C. Biasci, ESRF
1:20 p.m.	Next Generation Front Ends	T. Kuzay, APS-XFD
1:40 p.m.	Insertion Devices: Operation & Recent Developments	P. Elleaume, ESRF
2:00 p.m.	Insertion Devices at SPring-8	H. Kitamura, SPring-8
2:20 p.m.	Undulator Experience and Radiation Diagnostics	M.Ramanathan, APS-XFD

3:00 p.m. Backup Sessions (15 min. presentations)

I. Machine Physics (Discussion Leader - A. Ropert), Seminar Rm. A1100

Small Gap Chamber Operation	L. Emery, APS-ASD
Orbit Stability	G. Decker, APS-ASD
A Longitudinal Instability in the SPring-8 Storage Ring	Y.Miyahara, SPring-8
Emittance Measurements Using X-rays	B.X. Yang, APS-ASD
Group Discussion	

II. Experimental Stations and Detectors (Discussion Leader-T.Ueki),
Conf. Rm.A5000

Experimental Stations	T. Ueki, SPring-8
	O. Shimomura, SPring-8
Development in Sample Environment at the ESRF	H.Graafsma, ESRF
Future Needs of 2D Detectors for Protein Crystallography	P.F. Lindley, ESRF
Detector Development at SPring-8	M. Suzuki, SPring-8
Group Discussion	

Thursday, Sept. 24

D. Beamlines and Optics - [C. Kunz, Chair]

- 9:00 a.m. New Optical Developments from ESRF
A. Freund, ESRF
- 9:30 a.m. SPring-8 Optics and Beam Transport
T. Ishikawa, SPring-8
- 10:00 a.m. Optics-Predictions and Experience
D. Mills, APS-XFD

11:00 a.m. Breakout Sessions (15 min. presentations)

III. Beam Loss and Radiation Fields (Discussion Leader - M. Hara),
Seminar Rm. A1100

- Beam Loss Study J.M. Filhol, ESRF
Radiation Measurements and Future Radiation Strategy
P. Berkvens, ESRF
Measurement of Radiation Fields
P.K. Jobs, APS-XFD
Group Discussion

IV. Beam Position Monitors (Discussion Leader - T. Kuzay), Rm. B2100

- Beam Position Monitors H. Kitamura, SPring-8
Smart BPMs D. Shu, APS-XFD
Reduction of XBPM Systematic Errors by Modification
of Lattice G. Decker, APS-ASD
Group Discussion

V. Optics (Discussion Leader - A. Freund) Conf. Rm. A5000

- Compound Refractive Lenses
P. Elleaume, ESRF
Multilayer Optics A. Macrander, APS-XFD
Ultra High Resolution Optics
E. Alps, APS-XFD
Measurement of Second-Degree Coherence
E. Gluskin, APS-XFD
Group Discussion

E. Initiatives - [J. Galayda, Chair] Seminar Rm. A1100

- 1:30 p.m. Top-up Mode Operation L. Emery, APS-ASD
2:00 p.m. Low Energy Undulator Test Line
S. Milton, APS-ASD
2:30 p.m. Horizontal Focusing A. Ropert, ESRF
3:30 p.m. Slow Positron Beamline Project in SPring-8
M. Hara, SPring-8
4:00 p.m. Backward Compton Y. Miyahara, SPring-8

今回の会議で特に印象に残ったことは、3つのマシンともビーム軌道の安定度が実験的または日常的に2~5ミクロンまで達したこと、APSでトップアップ運転（入射を頻繁に繰り返すことにより蓄積電流を一定にする運転）の実験が成功しいよいよ現実的になってきたこと、ESRFで放射光の輝度を実効的に上げる新方式が実験的に示されたこと、APSが次世代の光源としてX線SASE（Self-Amplified



写真1 APSの建物。左の丸い建物が APS Conference Center、中央が APS Central Lab/Office Building、右の端に丸く見えるのが APS 蓄積リング建物の一部。



写真2 Argonne Guest House。非常にきれいでさっぱりしたホテルが建っており、Argonne研究所が建設し、Marriot Hotel が経営している。APS の利用者はこのホテルに泊まることになる。



写真3 電子ビームモデル。APS Central Lab入り口には APSの説明パネルとともにこのモデルが展示してあり、電子銃や4極電磁石、偏向電磁石の働きを実感することができる。

Spontaneous Emission) の開発に強い意向を示した
ことである。以下、メモをもとに簡単に報告する。

ESRFにはポルトガルとイスラエルがそれぞれ98
年と99年に参加する。ちなみに出資比率はフランス
27%ドイツ25%が断然高い。イタリアは15%。

蓄積リングはビーム電流200mA、寿命50時間、エ
ミッタンス4nmrad、x-yカップリング0.1%、輝度は
5mのIDで 1.1×10^{20} である。一日2回の入射で、入射
時間は8分である。利用者時間は96~98年平均で運
転5600時間のうち95%である。バンチ充填パターン
別の運転時間は2/3fill (51%)、16バンチ (24%)、
単バンチ (6%)、1/3fill と1~4バンチの混合モード
(7%)である。ただし、98年は2/3fillが72%に増え
る見込み。最大電流はクロッチとアブソーバーの熱
負荷で制限されている。加速空洞に起因する縦方向
バンチ間結合不安定性とチェンバーによるhead-tail
不安定性がある。単バンチの最大電流は15mAで、
寿命は15時間、エミッタンス4nmrad、x-yカップリ
ング1~2%、エネルギー幅0.2%、バンチ長は150
psec、クロマテシテイは水平4、垂直8に設定してあ
る。単バンチ不純度は 10^{-7} 以下。再入射は15分かか
る。フィードバックでhead-tail不安定性を抑制す
る研究は運転当初からやっているが、まだ成功して
いない。

ESRFのリングは元、河川敷であったところに建
設されたので上下方向の地盤変化を受けやすい。リ
ング一周の連通管で磁石架台の高さを測定し、架台
の両端につけた電動型ジャッキ224台で高さを補正
したところ、補正磁石なしで、ビーム軌道を200ミ
クロンの変動に抑制できた。

IDは最小ギャップ16mmである。近い将来、
11mmに縮小される(真空チェンバーの口径は7~8
mm)。この場合、輝度は 3.4×10^{20} になる予定。(ち
なみにSPring-8では 2×10^{20} を達成していると思われ
る。)ギャップの駆動は毎秒1回のstop-and-goのス
テップ方式で、このたびにビーム軌道が補正される。
駆動速度は1マイクロン/秒であるが、近く28マイクロ
ン/秒に早める。Halbach型IDの磁石列のうち所々磁極
ギャップを大きくした準周期IDを設置した。また、
通常とは逆に、水平磁場を永久磁石で、垂直磁場を
電磁石で作るヘリカルID、および、磁場3Tの
Asymmetric IDを設置した。

試料に当たる光量をあげるためレンズで集光する
ことは広く行われている。X線でも同様であるが、

光源である電子ビームの特性を変えることにより集
光する新方式が示された。すなわちIDを設置する
直線部のベータ関数を試料位置に向けて絞込み込む。
最適化によりベータ関数は50mにもなるが、実証実
験の結果、ビーム運転に支障はなく、IDの輝度は2
倍に増大した(この実験はリング一カ所だけでベ
ータ関数の絞込みが行われたが、近くリング全体に
拡大することを検討している)。ただし、これはす
でに数年前、APSで検討し、発表されているとの発
言があった。

ビームラインはすでに大部分完成し、残りはID
ライン3、Bライン4で、今年中に建設を終える。98
年の実験の申請は1380で、このうち740が認可され
た。17.2keVのマイクロトモグラフィーでは0.7ミク
ロンの分解能で、10マイクロンのダイヤモンド塵埃が
よく観察できる。長さ10cm位のベリリウム棒に直
径1mmの穴を一行に穿ったX線レンズでは単色光
を10マイクロンに収束でき、強度は15倍になる。
EXAFSのデータは3~10秒で取れる。

APSでの利用者時間は昨年3100時間であった。放
射光の商業的利用を促進するための会議が近く開催
される。Structural genomicsとして蛋白構造とその
機能の関心の完全理解を目指した研究が推進され
る。

通常運転では1日2回の入射で100mA-60mA-
100mAを繰り返す。寿命は約20時間。加速器のエラ
ーは次第に減少し、現在では1日に0.6回程度である。
ビーム電流は最大162mAで、通常100mAで運転して
いる。(将来、300mAまで上げたい意向。)APSのバ
ンチ充填方式はやや変則的で、1セット6バンチの81
セットで運転されている。1セット内のバンチ数を
増やすと、後方のバンチが水平で不安定になる。単
バンチの最大電流は15mAで、これは垂直なhead-
tail不安定性で制限されている。ID用のチェンバー
口径は現在8mmであるが、狭ギャップ用に5mmの
ものも設置された。ID部のベータ関数は垂直10mと
3m、水平15mと10mで、1~2%結合で入射効率が良い。
ビーム軌道の全周補正はリアルタイム(1.6kHz
?)で日常的に行われていて、軌道の変動は水平6ミ
クロン、垂直2マイクロン以下である。4極磁石は
85nm(2~5Hz)の変動がある。使用中のRFBPMを
更新する予定。ライナックとシンクロの間にある陽
電子蓄積リングでは高周波空洞と増幅器を更新し
た。

トップアップ運転の実験では、シャッターは閉じたまま(ただし、IDギャップはオープンか?)約70秒毎に入射を繰り返して、100mA、0.1%の変動で3時間継続され、100%近い入射効率であった。APSはこの実験で相当な自信を得たようで、ユーザーを含めた試行運転が年末に予定されている(DOEとANLの認可が出ている)。トップアップ運転のため、現在の陽電子運転から電子運転に切り替える予定である。ビーム入射中に40msの間ビーム軌道が約0.6mm変動するが、この間のデータ取得は回路のゲートを閉じることで対応するようである。

APSの次の目標は20GeVのL-band超伝導ライナックによるX線SASEで、6台のFEL用IDがパラに運転されるという青写真である。これで輝度は10の10乗倍を想定している。建設には10億ドル位かかるとみている。この手始めに入射用のライナック

(460MeV)にフォトカソードガンとIDを設置して今年末から500nm、120nmのSASEの実験を行う。規格化エミッタンス5nmrad、ピーク電流150A、エネルギー幅0.1%。IDはすでに出来ていて、周期長33mm、長さ5mのものを2台シリーズに並べる。ギャップは固定。

可視レーザー光による微粒子の揺動散乱の実験は20~30年前に行われていたが、APSではゾーンプレートによるX線を用いて金のコロイド微粒子の揺動散乱の実験をしている。1~10ミクロンのレーザー半導体の開発を目指している。蛋白の結晶構造解析に必要なデータは約80秒でとれる。ブラッグ直反射を利用した低ノイズ高分解能の実験を始めた。このビームラインの実験室は陽電子ビームの向きと反対側にある。

BSR '98報告

理化学研究所・播磨研究所
生体物理化学研究室 宮武 秀行

アメリカ有数の都市シカゴから車で南に走ること40分、アルゴンヌ国立研究所内に位置するAPS(Advanced Photon Source)に到着した。この第三世代放射光施設に敷設された会議場が、去る8月4~8日にかけて開催された第6回BSR(Biophysics Synchrotron Radiation)98のメイン会場である。参加者は総勢200人弱ほどであり、国際会議としては比較的小規模である。しかし参加者の顔ぶれを見ると、Johann Deisenhofer、John E. Walker等のノーベル賞受賞者を初めとした著名人が揃っており、各領域の先端的議論が期待できる。

まず一日目の講演では、放射光の利用が蛋白質の構造解析にとって今日いかに必要不可欠になりつつあるかが議論された。Wayne A. Hendricksonによる

と、過去数年にNature、Scienceなどの一流科学誌に掲載された蛋白質構造は、半数近くが放射光を利用して解析されていることを示し、その比率は年々増加しているそうである。また、過去10年に多波長異常分散法で構造が解析された件数は、1995年頃から大きく増加しており、これは第三世代放射光施設の本格稼働の時期と一致すると述べた。今回の学会はある面でMAD学会とも言うていいくらいで、多波長異常分散法による構造解析の重要性は多くの講演者が強調していた。遺伝子工学的な手法によるセレン原子の蛋白質への導入、キセノンやクリプトン気体誘導体の調製、低温法によるデータ収集、CCD検出器による迅速データ収集などの新規な手法が、多波長異常分散法と相まって今後の主要な構造解析