

## 施設だより

放射光科学研究施設長 若槻壮市

### 米国の放射光の動向

1月12～14日の日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムでNSLSのChi-Chang Kao博士の講演をお聞きになった方も多いかと思いますが、米国の放射光施設では非常に変化が激しく現状認識だけでなく将来の動向にも目が離せません。まず昨年から今年にかけて起こっている最も重要な動きはDOE (Department of Energy) 関係の予算ではないでしょうか。NIH (National Institute of Health) 関係の予算倍増が一段落し、今後はPhysical Sciencesに重点的に予算を配分していこうという宣言をしていたものの、昨年の予算においてもDOE主管の放射光施設の予算増加はなく、逆に、昨年暮れに発表された予算案では大型施設は軒並み大きな打撃を受けるとのことです。もともと昨年度予算編成の時には、DOE主管の放射光施設は軒並み十億から数十億円の予算増額の話があり各施設とも積極的なビームラインの整備計画、人員増強計画を立てて準備を進めていました。昨年暮れのDOEの予算発表では、2008年も予算増がないだけでなく、施設によってはかなりの削減になるとのことです。米国の施設ではビームタイムの大幅削減や人員カットの話が聞かれます。それとともに、高エネルギー物理学関係の予算カットによりILC計画への影響やアルゴンヌ国立研究所の中性子施設IPNSの突然のシャットダウンや関連する大幅な人員削減等大変厳しい状況になっているようです。つい先日もNSLSが来年度予算US\$ 43.5Mの予算要求に対してUS\$ 36.6M配分と激減してしまい5000時間の運転時間を4500時間へ削減、新規人事公募や新プロジェクトの凍結などを行うことを宣言しました。DOE関係の他の放射光施設も軒並み1割程度の運転時間短縮と同レベルの人員削減が検討されています。このように厳しい状況の中ではありますが、NSLS-2、ALS-2、APS-2などの将来計画は粛々と準備を進めているようです。特にその中でも既存リングを運営しながらNSLS-2の設計・建設を進めるNSLSでは、これまではPRT (Participating Research Team) を主体としてビームライン運営をしてきましたが、NSLS-2ではほとんどのビームラインを施設運営形式にするそうです。これはAPSでも同様で、各セクター (IDとBMを一つにまとめた) がCAT (Collaborating Access Team) によって建設運営されていたものを施設運営型に切り替えており構造生物学の9つを含む14を除いて、XOR (X-ray Operation and Research) グループが運営しています。このように中央管理型の施設運用をすることでビームラインの専用化とビームライン新設統廃合の機敏な展開が可能だそうです。また、CATに代わる形態としてCDT (Collaboration Development Team) が設けられています。これはPFのS1型課題に近

いもので、ビームライン建設に参加し、一定期間優先的にビームタイムを使うことができますが、ビームラインの運営自体はAPSが行うという方式です。翻ってPFの場合は、(1) Areas of Excellence, (2) light source and beamline development, (3) facility operationの3本立てで戦略プランを準備中です。戦略プランの最重要課題の一つがビームライン新設統廃合計画です。厳しい予算状況の中でAreas of Excellenceの展開、ビームラインの高度化、次期計画の推進を進めていくためには、世界標準と比較して著しく貧弱なステーションあたりのスタッフ数を何とか改善する必要があります。ビームライン新設統廃合計画では、新設・移設を含めて19のステーションをつくり、28のステーションについて閉鎖または移設することでステーション数を差し引き9減らす計画ですが、その結果としてPFの多くのビームラインが新しくより高性能のものに進化し、ユーザーの方々のサイエンスの更なる展開へとつながるような新設・統廃合としたいと考えています。また、いくつかのバンディングマグネットビームラインについては大学共同利用機関としての重要なミッションである大学院教育に重点をおいたビームライン運営を行うステーションへの転換も検討しています。

### PF 施設長裁量経費研究費助成制度

前号でお知らせしました新しい制度についてPF執行部を中心として審査委員会により昨年12月27日に面接ヒヤリングによる審査を行いました結果、以下の4件を採択いたしました。

- 加藤龍一「宿主因子TRIM5 $\alpha$ の立体構造解析によるHIV-1ウイルス感染制御機構の解明」
- 東善郎「蛍光寿命測定と準安定原子検出による高励起原子分子の構造と崩壊過程の研究」
- 小野寛太「放射光パルスと電流パルスの同期によるナノ磁性体のスピンドイナミクスの研究」
- 久保田正人「軟X線による磁性薄膜材料の界面磁性の研究」

本制度は、米国研究所等のcompetitive individual investigator LDRD (Laboratory Directed R&D) grantsに相当し、予算の許す限り来年度以降も続けていきたいと考えております。

### ターゲットタンパク研究プログラム支援 S2 型課題

今年度から始まりました文部科学省のターゲットタンパク研究プログラムでは、物構研・PFの構造生物学研究センター、SPring-8、北海道大学、京都大学、大阪大学が共同で「高難度タンパク質をターゲットとした放射光X線結晶構造解析技術の開発」というプロジェクトを申請し、採択されました。SPring-8、PFそれぞれで相補的なマイクロフォーカスビームラインを開発・建設するとともに、両施設の構造生物学ビームラインのユーザー実験環境の整備と結晶サンプルハンドリングシステムの相互乗り入れ等

の技術開発を行っています。SPring-8のBL32XUとPFのBL-1Aは2010年春に利用開始する予定で計画が進められていますが、「ターゲットタンパク研究プログラム」では技術開発とは別に、33件のターゲットタンパク構造・機能研究プロジェクトが採択され、それぞれのチームがX線やNMR、電子顕微鏡などの手法を用いて構造解析が行われています。放射光X線結晶構造解析は本プログラムの推進にとって不可欠のものとされており、両放射光施設では上記マイクロフォーカスビームライン完成前でも、これら33のグループが高難度ターゲットの構造解析で十分成果が上げられるような支援体制について協議し、ワーキンググループ（大阪大学 月原富武先生が代表）を組織して準備を進めてきました。その結果、PFではS2型課題を月原先生が代表として申請することとなり、1月末のPACで採択されました。平成18年度で終了したタンパク3000と違い、今回のプロジェクトでは申請倍率5倍以上となり、採択された33課題で日本の構造生物学研究者が網羅されているわけではないという状況から、本S2型課題のビームタイム運用については十分に注意するようという意見が審査委員会からも出されています。PFとしては、このアドバイスを留意しつつSPring-8との連携も密接にとりながら本国家プロジェクトにできる限りのご協力をさせていただきたいと考えています。

#### PF-ISAC, 放射光戦略WG, ERL研究会, PFシンポなど

昨年の第1回から少し時間があいてしまいましたが、第2回PF-ISAC (Photon Factory International Science Advisory Committee) が3月4, 5日に開催されます。今回からAPS加速器ディレクター Efim Gluskin 博士と Pohan Light Source ディレクターの Moonhor Ree 教授に加わっていただくことになりました。また、PF-ISACに先立ち、2月22日には放射光戦略WG、2月27, 28日に電子物性分科会、2月29日にメディカルイメージング分科会が開催されます。3月16, 17日にはERLサイエンス研究会、18, 19日はPFシンポと年度末ではありますが、重要なミーティングが続きますので、議論へ積極的にご参加いただけますようお願いいたします。PF-ISAC分科会については、今後、年に数件ずつ行っていく予定です。また、BL新設統廃合の一環として、(1)PF-AR NE5A, BL-14C1, C2, (2)BL-13A, B, Cについて近々関連するユーザーの方々のご議論させていただく機会を設けさせていただきたいと考えております。

#### KEKロードマップと機構組織改革

3月9, 10日にKEKロードマップの外部評価委員会が開催される予定になっています。放射光関係では坂田誠先生、PF-ISACの委員長でもあるSLACのKeith O. Hodgson教授、APS DirectorのMurray Gibson博士、コーネル大学のMaury Tigner教授らが出席されます。物質構造科学研究所としては放射光、中性子、ミュオンの3つのプローブによるサイエンスをどのように展開していくかを機構ワイ

ドで議論する良い機会ですのでつくばキャンパスのメインアクティビティーの重要な柱である放射光を発展させていくことの重要性について国際外部評価委員会で強く訴えていきたいと考えています。ロードマップについては機構の英文ホームページ (<http://www.kek.jp/intra-e/Introduction/column/>) を参照して下さい。

また、ロードマップの議論を積極的に進める一方で、鈴木機構長は高エネ機構の組織改革を立案され、各研究所、施設で直接職員と議論するだけでなく、それぞれの運営会議で彼の組織改革案を紹介し意見交換を精力的に行っています。一つの研究所もしくは施設についての利益代表ではなく、機構全体について責任を持つ専任理事を置くというのが機構長提案の骨子のひとつです。それ以外にも機構横断的なプロジェクトの明確化、研究所・施設の関係等についても議論があります。機構長の提案を受けて各研究所・施設内で議論がされているだけでなく、物構研と素核研の間では、執行部レベルで意見交換を行っています。高エネ機構の将来、特に、つくばキャンパスにおけるPhoton Scienceのあり方に重要な影響を与えうる機構組織改革ですので、様々な場で今後は是非ユーザーの方々ともご議論させていただきたいと思っております。

# 現 状

## 入射器の現状

電子・陽電子入射器  
 加速器第三研究系主幹 榎本收志

### 概況

2007年9-12月の運転日程は、

- 9月 6日 入射器立上げ
- 9月 25日 PFへ入射開始
- 9月 27日 PF-ARへ入射開始
- 10月 2日 KEKBへ入射開始
- 12月 17日 全電子加速器運転停止

であった。PF, PF-ARへの入射は大きなトラブルなく順調に続けられた。また、年始は、

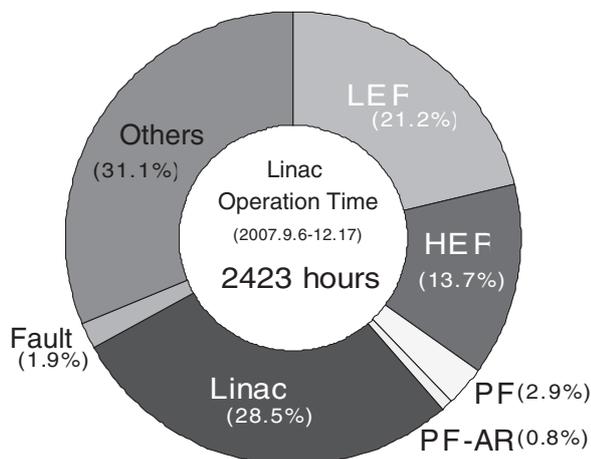
- 1月 10日 入射器運転開始
- 1月 18日 PFへ入射開始
- 1月 25日 PF-ARへ入射開始
- 2月 8日 KEKBへ入射開始

の日程で運転を開始した。

### 運転統計

秋期の入射器総運転時間は2,423時間であった。このうち、PFへの入射時間は69時間12分(2.9%)、PF-ARへの入射時間は19時間32分(0.81%)、KEKBへの入射時間は846時間11分(34.9%)であった。また、入射器機器の延べ故障時間は約45時間34分(1.9%)、入射遅延はPF 29分、PF-AR 7分、KEKB 4時間55分、合計5時間31分(0.23%)であった。

秋期運転における入射器機器の延べ故障時間は、2004-2007年で54→40→35→45時間と推移した。また、PFへの入射遅延時間は1時間22分→4時間37分→34分→29分、PF-ARへの入射遅延時間は1時間9分→34分→4分→7分と推移している。低速陽電子実験用テストリニアックの運転も順調に行なわれた。



### 入射改善

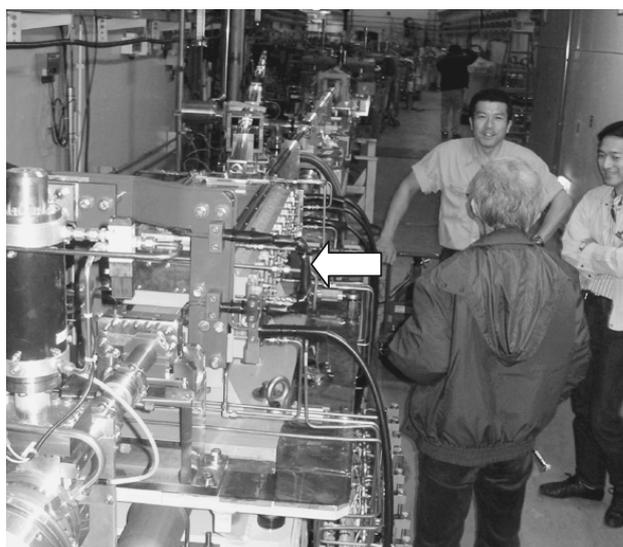
2005年度から実施されている入射改善工事は、ビーム輸送路改造(Phase-I, H17年度実施)、KEKB 8GeV電子ビームとPF 2.5GeV電子ビームのパルス毎の切り替えのための改造(Phase-II)、また、これらのビームとKEKB 3.5GeV陽電子ビーム切り換えのための改造(Phase-III)に分けている。これら3種類のビームモードをパルス毎に切り替えるには、リニアックの中では同じビーム輸送系パラメータでビームを加速できること、マイクロ波の位相をパルス毎に高速に切り替えられること、モードに応じてリングと同期したビームトリガーやモニターを切り替えられることなどが必要である。また、ビーム輸送のため補助的にパルス・ステアリング電磁石も用いる。

この冬の工事で、PFとKEKBのビーム輸送路にビームを振り分けるパルス偏向電磁石システムが入射器終端に設置された(写真)。今期からのPF入射はこのパルス電磁石を用いて行われる。試験運転では十分安定に運転できることがわかったが、長期的な稼働率に注意しながら、保守維持を行っていく予定である。

また、電子と陽電子を高速に切り替えるためには、電子ビームを加速する際に陽電子標的を迂回する必要がある。このため、パルス・ステアリング電磁石を用いて標的中心から4.5mm離れた直径3mmの孔に電子ビーム通す。パルス電磁石を用いた試験を現在進めているところである。

### 新年の抱負

2009年度から2013年度までの5年の研究計画を検討したKEKロードマップが機構長の任を受けたタスクフォースから提案された。これはKEKの将来計画そのものではなく、例えば、素粒子物理学関係ではLHCやILC計画の結果や進展、放射光科学ではコンパクトERLの開



入射器終端に設置されたパルス偏向電磁石(矢印)。毎秒50パルスのビームをPFとKEKBのビームラインに振り分ける。ビームラインへの設置と通電試験を終えてほっとした関係者(1/9)。

発動向などをここ数年見極めつつ、将来計画を策定していかうとするものであると受け止めている。この過渡的な時期を電子陽電子入射器としてどのように対応していくか、入射器の内部でも議論を始めている。

2008年度の明確な目標としてまず第1に上げられるのは、PF トップアップ運転に向けた入射器の改善である。2007年末までに基本的なハードウェアの改造を完了したが、2008年は制御系のソフトウェア整備と改良を行い、安定した定常運転の確立に進まなければならない。また、ロードマップでは KEKB のルミノシティの飛躍的改善を一つの柱として提案しているが、その具体的な計画立案の議論を加速器施設内で進めている。その中で入射器の課題も明らかにし実行していきたいと考えている。

## PF 光源研究系の現状

放射光源研究系主幹 春日俊夫

11月16日付けで帯名崇氏が、放射光源系の准教授に昇任されました。帯名さんには光源制御を含むビームインストゥルメンテーショングループで活躍して頂きます。

### PF

昨年の運転は12月17日に終了した。1月18日に再開し3月10日に今年度の運転を終了する予定である。なお、当初は今年度の運転は2月29日に終了する予定であったが、後記の事情により、運転を10日間延長した。次年度の運転開始は5月7日を予定している。

BL-16の高速偏光切り替え光源設置の準備が進行している。これは2台のAPPLE II型可変偏光アンジュレータを直列に並べて設置し、電子軌道に時間的に変化するバンプをつくり、光軸を変化させることで偏光スイッチングを実現しようとするものである。1台目のアンジュレータは既に完成し磁場測定が行われており、現地設置の準備中である。バンプ軌道を作るための5台の電磁石と電源も既に完成しており、磁場測定も行われている。2台のアンジュレータが設置される場所の床強度に若干の懸念があったが、昨年末に補強作業が終了している。アンジュレータは今年度中に現地に設置する。それに伴う諸作業を4月に行う予定である。このため、PFの運転開始は連休明けの5月7日を予定している。4月に運転が行えないので、ユーザーのための運転時間をできるだけ確保できるよう、3月10日まで運転の延長を行う。年度が異なる期間での運転時間のやり繰りとなり、ユーザーの方々にはご迷惑をかけますが、よろしく願います。

トップアップ運転のための準備も着々と進んでいる。難関であった線形加速器直後のパルス偏向電磁石のテスト及び設置も終了しビームテストも行われた。トップアップ運転のための試験を継続し、早い実用化を目指す。

現在まで、縦方向の不安定現象を緩和するために加速高周波系にシンクロトロン振動の2倍の周波数で位相変調をかけていた。この方法はバンチ長やエネルギー広がりを大きくする難点があった。この方法に代わるものとして縦方向バンチ毎フィードバック法の開発が進められてきた。ビーム電流約430 mAまで、不安定現象を抑えることができるようになった。実用化一步手前の段階までできている。なお、この方法ではエネルギー広がりを大きくすることがないので、分散がある場所からの光を使うビームラインでは輝度が改善される。放射光源研究系と放射光科学研究系との合同スタディを行い、この方法のユーザーランでの有効性を確かめた。出来る限り早いユーザーランでの運用を目指す。

残念ながら既報の加速高周波系のクローバーのトラブルは解決していない。2.5 GeV時には4系統の高周波系のうちの3系のみでの運転で対処した。12月10日から1週間行われた3 GeV運転時には、(トラブル発生の頻度からみて1週間は問題ないとの判断により)4系全部の運転で対応した。幸い、この間のトラブルはなかった。

### PF-AR

昨年の運転は12月17日に終了した。1月25日に再開し3月10日に今年度の運転を終了する予定である。次年度の運転開始は4月14日を予定している。

パルス四極電磁石による新入射法の研究を継続している。多くのデータが取得され、従来のパルスバンプ軌道による入射法と遜色がない性能を達成しているが、未だよく分からない現象(新入射法の問題ではなくPF-AR固有の問題と思われる)も起こっている。また、PF-ARでずっと悩まされ続けている寿命急落現象の解明のための本格的なスタディが開始された。

既報の新偏向電磁石電源が発生する高調波の対策として、電源の上流側に高調波フィルターを新設することとした。完成予定は今年3月末であるがそれまでは対症療法的な運転(既報)で凌ぐ。

## 放射光科学第一・第二研究系の現状

放射光科学第一研究系主幹 野村 昌治

### 運転・共同利用実験

前号の報告以降順調に共同利用実験を行い、PF、PF-ARとも12月17日朝に運転を停止しました。この間PFリングでは12月3日に縦方向(ビーム進行方向)bunch-by-bunch feedbackの効果に関してスタディを行い、放射光ビームへの効果を観測しました。寿命を延ばすためにこれまで行われていたRFの位相変調を止め、縦方向bunch-by-bunch feedbackを働かせた時に最もビームが安定で、また試料位置での強度も大きくなることが観測されました。更にスタディを積み重ねた上で、2月中旬

に1週間程度の長期的なテスト運転をすることが検討されています。

新年の運転をPFは1月16日から再開し、22日に光軸確認をして、共同利用実験を再開しました。KEKBの運転再開が2月8日となるため、1月29日から2月4日の間のシングルバンチ運転はtop-up modeで行う予定です。PF-ARは1月25日に運転を再開し、28日の予備光軸確認、29日の光軸確認を経て共同利用実験を行います。

当初PFは2月29日朝で停止の予定でしたが、後述する作業との関係を鑑み、3月10日朝まで運転を延長します。この運転経費は先端研究施設共用イノベーション創出事業から手当てします。

光源系報告にあるように、PFでは春の停止期間中にBL-16用の可変偏光アンジュレーターの設置作業を行います。この調整作業等のために、4月の運転は行わず5月7日に運転再開の予定です。一方、PF-ARでは例年並みに4月14日～28日の運転後、短期停止を経て、5月9日運転再開予定です。両リングとも7月1日朝まで運転の予定です。

11月2日に応募を締め切った平成20年度前期の課題審査は1月30、31日のPF-PACで審議する予定です。

### ビームラインの建設等

12月の運転停止とともにBL-8の解体作業が進められました。この他にもPF、PF-ARで多数のビームライン関係の作業が進められています。詳細については次ページ「ビームライン整備の状況」をご参照下さい。

ビームライン整備に大きな予算、労力が必要となるため、既存のビームライン、実験ステーション周りへの投資が十分にできていないことは危惧されることです。PFの予算増大の努力はもとよりですが、ユーザーコミュニティと協力した外部資金の獲得や産業利用収入で不足分を補ないましょう。大きな資金を獲得することは難しくても、各研究グループから持ち寄って実験装置の整備を進める方策が無いか検討をしています。PF懇談会を初めとするユーザーの皆様の御協力を御願います。

### 論文・学位論文登録のおねがい

前号でも論文の登録をお願いし、お陰様で以下の様に登録論文数が増大しています。

論文出版年	2005年	2006年	2007年
2007/10/17 調査時	575報	452報	274報
2008/1/17 調査時	623報	505報	421報

論文数はアクティビティの一つの指標ですし、成果が出ているにも係らずデータを示せないために不当な評価を受けることはコミュニティにとって得策ではありませんので、論文出版時には速やかに登録して下さい。

PFのユーザーの半数強の約1500名が大学院生です。仮に全員が5年一貫制の博士課程を終えるとすると、 $1500 \div 5 = 300$ 報の学位論文が毎年出版されることになり

ます。実際には修士課程で修了する大学院生も多いでしょうから学位論文の数はもう少し多くなりそうです。一方、PFの学位論文データベース [http://pfwww.kek.jp/users\\_info/users\\_guide/thesispubl.html](http://pfwww.kek.jp/users_info/users_guide/thesispubl.html) に登録されている学位論文数は毎年100件強にとどまっています。大学共同利用機関としては、研究成果と同時に大学の教育への貢献も社会に示す必要があります。未登録の学位論文についても、速やかな登録をお願い致します。

### 人の動き

物構研07-2の人事選考の結果、11月16日付で伊藤健二氏が教授に昇格しました。氏には公募要領にありましたように、先端技術・基盤整備・安全グループのリーダーとして技術開発、ビームライン整備、安全管理、業務委託者の管理等について指導的な役割を果たしていただきます。物構研07-4（所内公募）の人事選考の結果、同日付で兵藤一行氏が講師に昇格しました。氏はBL-14C1, NE5A, NE1A2のビームラインを担当し、主に医学的な応用面からイメージング技術・画像処理技術の開発や共同利用推進に当たっていただいています。

12月21日締切で公募を行っていた博士研究員（物構研07-5）ではERLのビーム力学に関する研究を行う島田美帆さん（分子研）を採用することとなりました。

PFでは学振のPDも受け入れています。KEKでは職員だけでなく学振特別研究員に対しても職員宿舍の貸与を行っています。関心のある方は学振の指示に従って応募して下さい。

## ERL 計画推進室報告

ERL 計画推進室長 河田 洋

ERL 計画推進室は発足してからの1年半の間、ERLの技術開発、検討をERL検討会の場で進めてきました。その結果、図1に示しますように、いくつかの重要な開発要素に関して試作機レベルでのR&Dが進み、また、試作機までは到達していない項目に関しても、その開発の処方箋となる検討が進んでいます。このような状況の下、各要素技術のコンセプトをまとめる段階に到達したことを受けて、全体設計グループの坂中章悟准教授（KEK）、小林幸則准教授（KEK）、羽島良一グループリーダー（JAEA）、中村典雄准教授（ISSP）の方々を中心に、Conceptual Design Report (CDR)をまとめていることを前のPFニュースで報告しました。若干の遅れはあるものの、3月中には出版の予定であり、後述の3月16、17日のERLサイエンス研究会、および18、19日のPFシンポジウムには皆様に手に取ってご覧いただけることを目指しています。またそのCDRをまとめる作業により、ほぼ全ての要素開発に関する整合性が確認され、図2で示すように各要素技術ごとにスケジュール表がまとまりつつあります。このスケジ

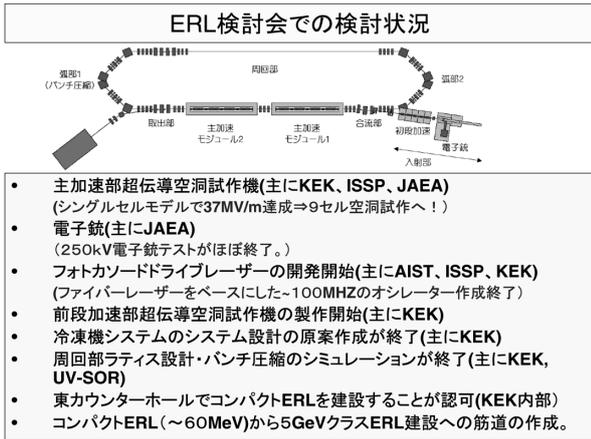


図1 ERL 検討会での検討状況

コンパクトERLスケジュール表(1)

項目	2007年度		2008年度		2009年度		2010年度		2011年度		2012年度	
	前期 4月-9月	後期 10月-3月	前期 4月-9月	後期 10月-3月	前期 4月-9月	後期 10月-3月	前期 4月-9月	後期 10月-3月	前期 4月-9月	後期 10月-3月	前期 4月-9月	後期 10月-3月
超伝導主ライナック	空洞開発、製作、試験			クライオモジュールの設計、開発								ビーム試験
入射部空洞	カップラー/NDMガンパンプチューナーの開発			実機製作								ビーム試験
高周波電源	10Mカップラー付き空洞開発			クライオモジュールの開発								ビーム試験
RFローレベリス	入力カップラー開発			実機製作、試験								ビーム試験
冷凍機	クライストロン製作			クライストロン製作、試験								ビーム試験
電子銃	試験ベンチ			10T試験ベンチ								ビーム試験
電子銃レーザー	安定度0.2%			安定度0.01% & RFインターロック系								ビーム試験
	500kV-gun設計、開発			500kV-gun製作								ビーム試験
	1 GHzオシレータの開発			2 級高周波の発生								ビーム試験
				増倍器の開発								ビーム試験
				ファイバーレーザーシステムの製作、試験								ビーム試験

コンパクトERLスケジュール表(2)

項目	2007年度		2008年度		2009年度		2010年度		2011年度		2012年度	
	前期 4月-9月	後期 10月-3月	前期 4月-9月	後期 10月-3月	前期 4月-9月	後期 10月-3月	前期 4月-9月	後期 10月-3月	前期 4月-9月	後期 10月-3月	前期 4月-9月	後期 10月-3月
ビーム解析	ラジス設計(入射部、周回部)			ラジス設計(実機含む)								ビーム試験
電子銃・電源	ビームの安定性・高品質化の研究			ビーム安定性・高品質化の研究(実機含む)								ビーム試験
真空システム	設計・製作			設計・製作								ビーム試験
モニタ				設計・製作								ビーム試験
制御				開発・設計・製作								ビーム試験
放射線安全設備				ダンパ部の設計・製作								ビーム試験
建物・ユーティリティ	運転体移動			運転計算と安全評価								ビーム試験
				安全管理設備の申請と建設								ビーム試験
				エネルギー増強の安全評価								ビーム試験

図2 コンパクトERL スケジュール

ユーザはもちろん予算にも依存いたしますので、その点をご理解いただきたいと思います。今後の目安となるものです。

1月に立命館大学で行われました放射光学会では、コンパクトERLをベースにした企画講演「コンパクトERLが拓くサイエンス」を行い、河田洋(KEK)、原田健太郎・助教(KEK)、木村真一・准教授(UVSOR)、百生敦・准教授(東大)の4名の講演者により、全体計画、マシンの概要、大強度THz光源利用研究、レーザー逆コンプトン散乱微小X線光源によるX線イメージング研究、の講演が行なわれました。またそれ以外にも、口頭発表で春日俊夫・教授(KEK)から「ERLプロジェクトの進捗状況」、およ

び関連ポスター(著者は紙面の関係上省略いたしますが)「ERL主加速器のための1.3GHz超伝導加速空洞の開発」、「抵抗壁ウェーク場のERLビームへの影響」、「ERL放射光源のための高輝度大電流電子銃の開発」、「ERL主加速器用入力カプラーの基礎開発」、「ERL加速器のR&Dの現状」の発表を行っています。ERL実現に向けた開発研究が順調に進行しているとご理解ください。また、放射光学会の折に開かれたPF懇談会の拡大運営委員会で下村所長からKEKロードマップの説明があり、コンパクトERLがERL実機に向けてのR&Dという立場で、KEKのロードマップの中に明確に盛り込まれているとの説明がありました。学会中に何人かの方々から「ERLの実現性が現実味を帯びてきた」とのコメントを受け、今後更なるR&Dを進めることの力を得た次第です。

前述しましたように5GeVクラスのERLで拓かれるサイエンスを議論する「ERLサイエンス研究会1」を3月16, 17日に開催します。研究会1と銘打ったのは、このような研究会を重ねていくことを考えており、先ず第1回目と言う事です。詳細は「研究会等の報告/予定」に掲載されている開催案内をご覧ください。

**ERL 検討会**

- 第19回 2007年11月8日(木) 14:00 ~ PF 研究棟2階会議室
- 第20回 2007年12月6日(木) 14:00 ~ PF 研究棟2階会議室
- 第21回 2008年1月16日(木) 14:00 ~ PF 研究棟2階会議室

議事メモ、資料等は <http://pfwww.kek.jp/ERLOffice/index.html> をご覧ください。

## ビームライン整備の状況

放射光科学第一研究系 野村 昌治

PFでは2005年に実施した直線部増強改造を生かすために、挿入光源を用いるビームラインの整備を進めています。この中では新たに生み出された短直線部(BL-1, 3, 15, 17)については真空封止型短周期アンジュレーターを利用したX線域での実験に、延伸された中長直線部の内5本(BL-2, 13, 16, 19, 28)については軟X線域で活用していく方針です。

ご承知の様にPF-ARの一部を除き、ビームポートは全て利用されており、新しいビームラインを建設するためには既存のビームラインの移設や閉鎖が余儀なくされます。このため、1本のビームラインを建設するためには、関係する多数のビームラインの移転や統廃合が必要となります。現在進行中のビームライン整備の概要について紹介します。

## 1. BL-1, BL-8

ターゲットタンパク研究プロジェクトの一環として真空封止型短周期アンジュレーターを光源とした「軽原子の異常分散を利用する構造決定に最適化した低エネルギー高輝度マイクロビームビームライン」を2009年に建設する準備が進められています。新BL-1の建設に先立ち、BL-8を閉鎖し、BL-8へ現BL-1A, 1Bのアクティビティを移す作業が進められています。昨年末の運転停止後に、BL-8の解体作業が急ピッチで進められ、実験ハッチ、中二階デッキの撤去、床の貼り直し、ビームライン中心線の測量を行い、新ビームライン設置の準備が進められています。SX領域では偏向電磁石ビームラインの移設よりも挿入光源ビームラインの整備を優先して進めるために、当面BL-1Cの行き先は保留となっています。

## 2. BL-16

BL-16では現行のアンジュレーターを用いたビームライン調整が進められており、1～3月期にはブランチビームラインの調整も進められる予定です。また、Apple-II型の可変偏光光源、キッカーマグネット等の設置作業が春の停止期間中に行われます。

BL-16では2006年夏までは多重極ウィグラーを光源とするX線用のBL-16Aとアンジュレーターを光源とするBL-16Bの二つのビームラインをタイムシェアして利用していましたが、真空封止型短周期アンジュレーターを光源とするBL-3Aを建設することでBL-16をアンジュレーター利用に専用化してきました。BL-3Aのその後の整備状況については別稿を参照して下さい。また、新BL-3の建設に先立ち、旧BL-6B, 6Cを閉鎖して、旧BL-3AをBL-6Cへ移転しました。

## 3. PF-AR NE 棟関係

PF-ARのNE棟では3月の運転停止後、秋までの間にエレベータの設置(NE1側)やビームラインの更新作業が行われます。このため、この間はNE棟での実験を停止させていただきます。

まず、NE3にアステラス製薬の出資による構造生物学研究用ビームラインを建設するための準備作業が進められています。冬の停止期間中に、この建設と干渉するビームラインNE5用中二階デッキの解体作業や機器の整理・移動等が進められました。これまでNE3を利用していた核共鳴のアクティビティについては、後述するNE1やPF内外の他のビームラインで展開していくこととなります。

NE1では現在BL-13Aで行われている高温高圧下でのX線回折実験に核共鳴実験を組み合わせることで、構造だけでなく電子状態に関する状態も測定するためのビームラインを建設する準備が進められています。現在のNE1A1(コンプトン散乱)についてはパイオニアとしての使命を終え、今後は他施設を活用して研究を展開して頂きます。NE1A2で行われていた臨床応用に関しても初期の目的を果たし、今後の展開を検討する段階となっています。臨床

応用は地上で行えることが望ましいため、必要な時にビームを地上へ導くことが可能なように新しいNE1はデザインされています。NE1Bで行われていた軟X線MCD研究については建設中のBL-16で新たな展開を図ります。

BL-13AのNE1への移転は、今後のBL-13をアンジュレーター利用専用化することの準備作業の一つと位置付けられます。

このようにNE棟では多数の作業が平行して進められるため、NE1, NE3を3月の停止後に閉鎖するだけでなく、NE5の利用も秋まで停止します。また、この後もいくつもの挿入光源ビームラインの建設と関係する作業が継続します。関係する研究者の皆様にはご不便をお掛けしますが、ご理解と御協力を御願います。

## レーザー加熱超高压実験ステーション BL-13Aから新AR-NE1へ

放射光科学第二研究系 亀卦川卓美

### 研究計画の概要

PF 2.5GeV リングにおける挿入光源ビームラインの再整備が進められている中で、BL-13AのAR-NE1への移行計画について紹介する。超高压下のX線構造研究はダイヤモンドアンビルセル(以下DAC)をツールとして始められ、放射光と組み合わせることで特殊性を脱して一般的な研究手法として認知された。現在は低圧側で多様な物質の物性を圧力を通して解明する研究と超高压科学伝統の超高压フロンティアの分野、それに加えて地球・惑星といったその場観察不可能な実体を考察するためのプローブとしての研究が三本の柱といえる。BL-13Aは主にこの最後の分野、超高压とレーザー加熱を組み合わせることで地球内部環境を再現する超高压地球科学を重点的に進めるために世界初の専用ステーションとして、2000年(注)に整備され多くの成果を上げて来た。しかし第3世代放射光施設で同様の実験が行われている現状で、建設後10年を越えて更に最先端の成果を期待することは、極めて高いハードルであることは明らかである。このような状況をふまえ、PF全体の活動方針と協調する形で、現在以上のパフォーマンスと新しいサイエンスの展開が期待できるAR-NE1に移行することになった。

表1にトイトレースの計算結果を示す。集光点での強度を単純に比較すると、現在BL-13Aで使用している30 keVではNE1は集光が理想的に行われても、約4倍とそれほど大きなメリットは無い。しかし、BL-13Aがビームラインの配置上、エネルギー30 keV固定で光軸の端を0.5 mradだけを集光せざるを得ない状況を考えると、NE1への展開は大きなメリットをもたらすことになる。例えばエネルギー可変のメリットは、光源のBrilliance比に端的に現れ、BL-13AとNE1の比は50 keVでは20倍以上にも増加する。

表 1 BL-3 と新 NE1 の比較

	挿入光源 スペック		Total Flux (計算値)		集光点でのビームの特性					集光点において 50 μm □を 通過する X線強度		
	Flux (30 keV)	b.w.	Total throughput (raytrace 計 算)	推定される フォトン数	beam	size	beam	diver- gence	エネルギー 分解能	Total rays (raytrace 計算)	50 μm □ を通過 する rays (raytrace)	50 μm □を 通過する フォトン数 (計算値)
	[photons/ s/0.1%b.w.]	[%]		[photons/s]	σx [mm]	σy [mm]	σdx [mrad]	σdy [mrad]	σPe [eV]	(t)	(s)	[photons/s]
BL-13	1.26E+14	0.65	3.18682E-05	3.92E+10	0.034	0.020	0.31	0.180	16.9	6372	2779	1.71E+10
NE1_new (14.4 keV)	5.94E+14	0.5	0.000158191	4.70E+11	0.069	0.027	0.28	0.126	1.97	31659	5472	8.12E+10
NE1_30 keV _071026	4.27E+14	0.5	0.000189135	4.04E+11	0.069	0.028	0.28	0.160	0.95	38037	6615	7.02E+10

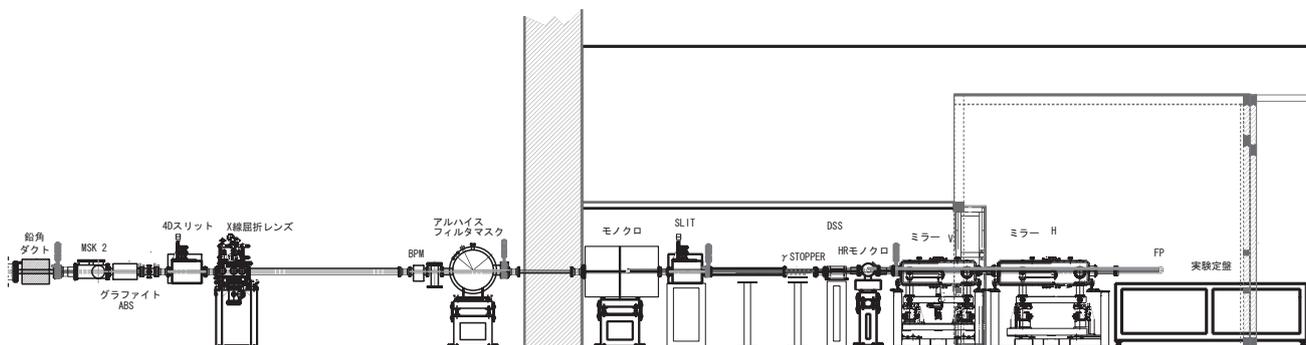


図 1 新 AR-NE1 の構成図

このような高輝度・高エネルギー放射光の特徴を生かすために、従来のマントル領域での主成分である Mg-Si-O 系の研究から、コア領域での主成分である Fe へ、研究ターゲットを変えることが計画されている。これは今年度で NE3 での実験を終了するメスバウアー・非弾性散乱実験も取り込んで、地球内部のダイナミクスに決定的な影響を与えていると考えられ始めてきた Fe の状態変化を、X 線回折と非弾性散乱実験を組み合わせた新しい複合測定によって解明しようとする狙いがある。以下に主要な地球科学の研究テーマを挙げてみる。

1. Fe 化合物の高温高圧下でのスピン転移, Fe の価数変化や主要相間での分配は化合物の原子配列だけでなく電子状態の同時測定が不可欠である。
2. 超高压, 超高温環境下の地球科学研究, 特に液体金属といわれる上部コア (140 GPa・3000 K ~ 260 GPa・3600 K) 領域の探査。
3. X 線イメージングによる上部マントルでのマグマ形成のメカニズムの解明。

高压地球科学以外の分野でも、次のような新しいテーマが考えられる。

4. DAC を超高压容器として見直すことで, 超高压超高温複合環境下での新遷移金属窒素化合物などの新物質合成のその場観察。
5. X 線散乱能が極めて低い軽元素, 特に水素化合物や有機分子固体の高压物性研究。

### ビームラインの概要

<ビームライン関係>

ビームラインの構成を図 1 に示した。フロントエンド部は、既存の設備を利用することでコスト削減と建設スケジュールの短縮を実現する。ビームラインの主要なコンポーネントは以下に示す X 線集光光学系である。

1. 分光器  
7 keV から 50 keV までのエネルギーに対応するために、現在保管してある旧 NE1A2 用分光器を改造する。高出力 MPW の熱負荷に対処するために、マイクロチャンネル分光結晶を使用する。
2. 高分解能分光器及びグラファイト屈折レンズ  
メスバウアー実験用にチャンネルカット結晶を 2 個組み合わせた、高分解能分光器を新たに整備する。またこの分光結晶でのスルーカットを向上させるために、今後 Be 窓下流に 14.4 keV 平行化用の 1 次元グラファイト屈折レンズを導入する予定である。
3. ミラー集光光学系  
BL-13A と同じような K-B ミラー配置を取るが、全反射ミラーでは 50 keV という高エネルギー放射光を集光するため長大なミラーが必要になり、コスト的にもスペース的にも適切ではない。その代わりに高エネルギー対応の W-C 多層膜ミラーを新たに開発して整備する。ミラーの駆動装置は、旧 BL-6B と旧 BL-16A で使われていたものを改造して使用する。

### <実験装置関係>

ほとんどの実験装置、特にX線回折装置やYAGレーザー加熱装置は、現在のBL-13Aのものを移行して使用するが、BL-18Cと併用して使われているX線CCDやルビー測圧システムについては新規に整備することになる。これら実験システムに関しては、現在と同様に物性研と阪大、東北大の協力により進める。またメスバウアー測定のためのマグネット、クライオスタットはNE3のものを移動して使用する。

### ビームライン建設スケジュール

現行のNE1のアクティビティは08年3月度で終了する予定である。その後ビームラインの撤去作業が始められるが、NE1側に新たに建設されるエレベータの工事の影響で4月から一旦休止し、5月中旬に再開する。6月にビームラインハッチの改造を行い、8月上旬にビームラインコンポーネントを設置、その後インターロックの作業を行い、10月上旬の総合動作試験を受けることになる。作業が順調に進めば、10月予定のPF-AR運転開始に合わせて、ビームラインに最初の光を導入することが可能になる。ただ光学系の調整や各種デバッグ作業のために、共同利用実験が開始される時期は09年度からを予定している。

### 建設担当スタッフ

NE1の建設は分光器を杉山弘、高分解能分光器・屈折レンズを張小威、レイトレースとBLコンポーネントを森丈晴、フロントエンド部を菊地貴司が担当している。多層膜ミラーとビームライン建設全般を亀卦川、そのサポートに大田浩正（三菱電機サービス）が配置されている。また、岸本俊二がNE地区の整備計画の調整役を務めている。

(注) MPWを光源にもつBL-13A・B・Cは、1986年に5つの旧国立研究所によって建設され、それぞれの放射光研究の拠点として運営されてきた。PFに移管された後、1998年には全面的な改修を施して共同利用に供された。2000年には物性研・八木研究室の特別推進予算によって整備された実験システムを導入するために、BL-13Aのビームラインを新たに作り直して、当初の精密格子定数測定からレーザー加熱超高压実験が開始された。

## 構造物性研究用ビームラインBL-3AへのX線偏光制御装置の導入について

放射光科学第二研究系 平野馨一  
若林裕助  
澤 博

構造物性研究用に2006年10月に建設されたショートギャップアンジュレーター(SGU)ビームラインBL-3Aでは、トロイダルミラーや二結晶モノクロメーター等の調整を順調に終え、すでに共同利用実験が開始されています[1, 2]。残る課題はビームラインに導入されたX線偏光制御装置の調整でしたが、2007年2月以降こちらも順調に作業が進み、すでにX線磁気円二色性(XMCD)やX線磁気回折などの予備実験が行われつつあります。

今回BL-3Aに導入されたX線偏光制御装置は、PFで開発された透過型X線移相子を利用するものであり[3]、移相子としてダイヤモンド結晶を用いることにより水平偏光の放射光を数十%の効率で円偏光や垂直偏光などに容易に変換することができます。BL-3Aで利用するX線のエネルギーは大体4 keVから14 keVですが、厚さ0.2 mm, 0.5 mm, 0.7 mm, 1.0 mm, 2.0 mmの人工ダイヤモンド(001)単結晶(住友電工製)を切り換えて利用することにより、このエネルギー領域全体をほぼカバーすることができます。X線偏光制御装置の設計にあたっては、SPRING-8のBL-39XUなどに導入された装置を参照しつつ改良を加えることにしました(図1)。一つ目の改良点は、真空チャンバー内に定盤を設置して、その上に移相子回折計などを置いた点です。これにより装置全体の安定性を向上させることができました。もう一つの改良点は三連装の移相子

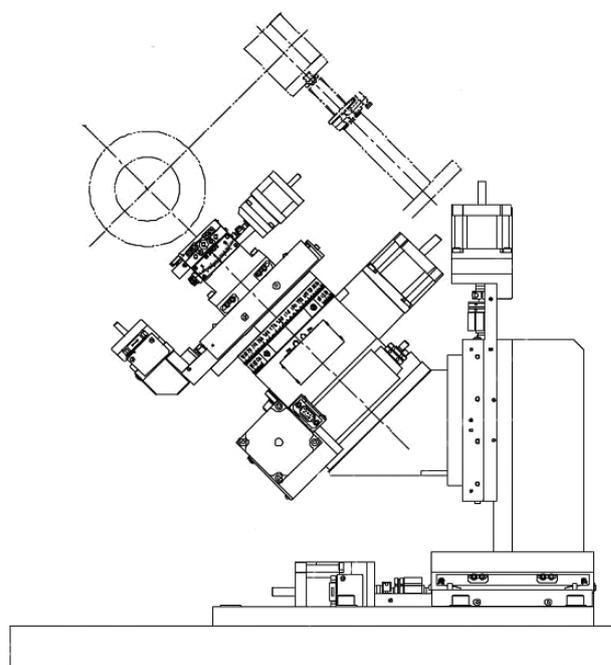


図1 真空チャンバー内に設置された移相子回折計。

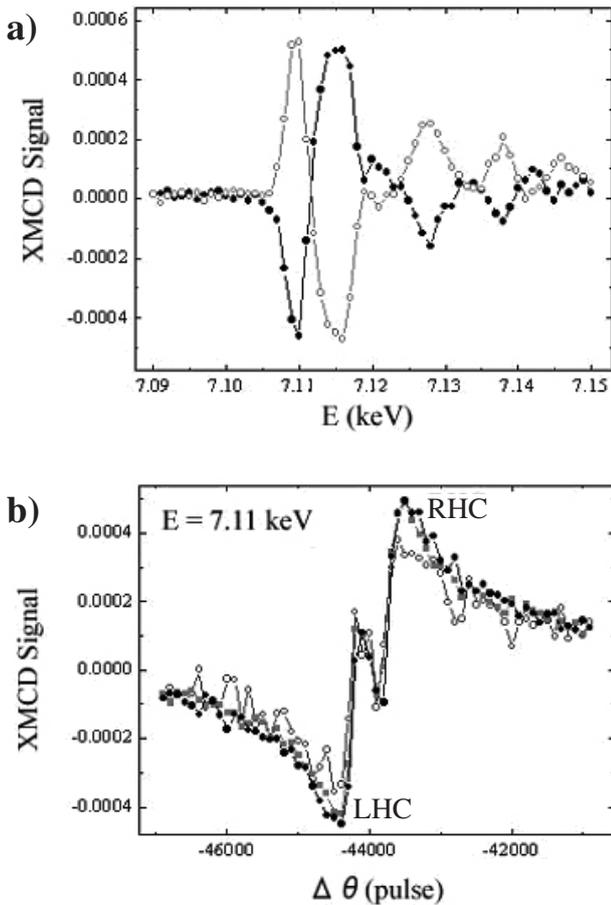


図2 厚さ 5  $\mu\text{m}$  の鉄の薄片による XMCD スペクトル。  
 (a) 右回り円偏光入射の場合 (白丸) と左回り円偏光入射の場合 (黒丸)。(b)  $E = 7.11 \text{ keV}$  で移相子のオフセット角  $\Delta\theta$  を変えて行った時の XMCD 信号の変化の様子。三通りのスリットサイズで測定を行っており、スリットを開くほどビーム強度は増加するが生成される円偏光の円偏光度は低下する。

ホルダーを導入したことであり、これにより移相子切り換えの手間を大いに省くことが可能となりました。これらの改良により、現在のところ世界で最も完成度の高い X 線偏光制御装置を作製することができました。

X 線偏光制御装置のコミショニングは、東北大学・多元物質科学研究所の有馬孝尚教授、佐賀山基助教、齋藤充氏を初めとする多くの方々の協力のもと行われています。図 2(a) は得られた結果の一例であり、厚さ 5  $\mu\text{m}$  の鉄の薄片による XMCD スペクトルを示しています。入射円偏光のヘリシティを反転させることにより、スペクトルもきれいに反転しています。また図 2(b) は  $E = 7.11 \text{ keV}$  で移相子のオフセット角  $\Delta\theta$  を変えて行ったときの XMCD 信号の変化の様子を示しており、 $\Delta\theta$  を変えることにより水平偏光の放射光が右回り円偏光 (RHC) や左回り円偏光 (LHC) 等に変化していきことがわかります。

- [1] 若林裕助：PF News Vol.24 No.3 (2006) 8-9.
- [2] 若林裕助：PF News Vol.24 No.4 (2006) 5-6.
- [3] 平野馨一：放射光 11 (1998) 238-245.

## 進行方向個別バンチフィードバックシステムの開発

放射光源研究系 帯名 崇

PF リングではマルチバンチモードでリングを運転した場合、比較的低電流である 50 mA 程度から進行方向カップルドバンチ不安定現象が発生している。通常のユーザーランでは加速 RF にシンクロトロン振動数の 2 倍の周波数で位相変調をかけることで進行方向不安定性を安定化する手法をとってきたが、この方法ではビーム輝度が犠牲となるので今後予定される Top-Up 運転との整合性が悪い。このためビーム輝度を犠牲にしない進行方向の個別バンチフィードバックシステムを開発してきた。

図 1 にシステムのブロック図を示す。ボタン型電極の 1.5GHz 成分を位相検波し、iGp と呼ばれる高速デジタル信号処理回路によってシンクロトロン振動成分のフィルターと適切な位相シフト、タイミング調整等を行う。iGp は KEK, SLAC, LNF-INFN(Frascati) 等の共同研究によって開発されたプログラム可能な個別バンチ信号処理システムであり、570 MHz 程度までのサンプリング周波数で動作可能である。内部のデジタル信号処理部は高速 8 bit ADC, Vertex-II Pro FPGA, 12 bit DAC から構成され、振動解析用の外部記憶として 8 Mbyte の SRAM, プログラム用にカスタマイズされた Linux 等が 2U 高さのラック筐体に収められた all-in-one システムとなっている。PF での制御フレームワークである EPICS にも対応しており、遠隔制御も容易である。フィードバックキッカーは DAFNE- $\Phi$  Factory 用に開発された空洞型キッカーをベースにし、PF に合わせて入出力ポート数 4 個、中心周波数 1.125 GHz, 帯域幅 250 MHz に変更した空洞を設計・製作した。

フィードバックシステム構築後、2007 年 6 月 30 日からビームスタディを開始し、現在ではビーム電流約 430 mA 程度まで進行方向不安定を抑制することに成功している。通常のユーザーランとの差をみるため、位相変調 (PM) とバンチフィードバック (FB) それぞれ ON・OFF の場合の組み合わせとして以下のケースで運転し、

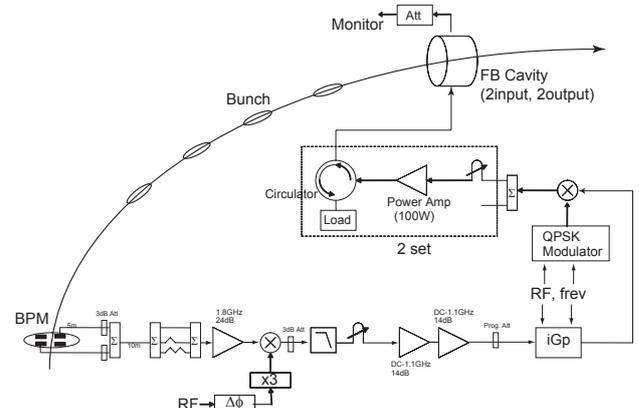


図1 フィードバックシステムのブロック図

- (A) FB OFF, PM ON: 通常のユーザーランと同じ
- (B) FB ON, PM ON: 両方 ON
- (C) FB ON, PM OFF: FB のみ
- (D) FB OFF, PM OFF: ビーム安定化無し

それぞれの状態でビーム信号の測定を行った。

周波数 0~3 GHz 幅でのビームスペクトルをボタン電極で測定した結果を (A) ~ (D) の 4 つの条件について図 2 に示す。図 2(A) をみると、RF の整数倍に相当する 500 MHz, 1 GHz, 1.5 GHz... のピーク（これはビームの繰り返しスペクトルであり、常に観測される）があり、それらのピークの間進行方向不安定に起因する弱いピークが存在している。これらの不安定性によるピークは時間の経過とともにピークの周波数が変化して、1 つのモードの振幅が小さくなるのに従って別モードの振幅が大きくなるという現象が起きている。RF 位相変調をオフにした場合は図 2(D) に示すように RF ハーモニックスの間に多くのピークが観測されており、様々なモードの不安定が発生している。フィードバックを ON にした図 2(c) では 0~1 GHz 帯域では目立ったピークは存在せず、ビームの安定化に成功していることが分かる。高い周波数領域では不安定振動のピークが出ているが、詳細に調べた結果、これらのピークはシンクロトロン振動の 2 倍の周波数に相当しており、フィードバックシステムによってバンチの重心振動（2 極振動）は抑制したが、これとは他にバンチが伸縮する 4 極振動モードが起こっているということを表している。図 2(B) は位相変調とフィードバックを同時に使用している。スペクトルを見ると不安定モードは完全に抑制されており、安定化に成功している。ただし、この場合では位相変調によるエネルギー広がりが生じるため、このモー

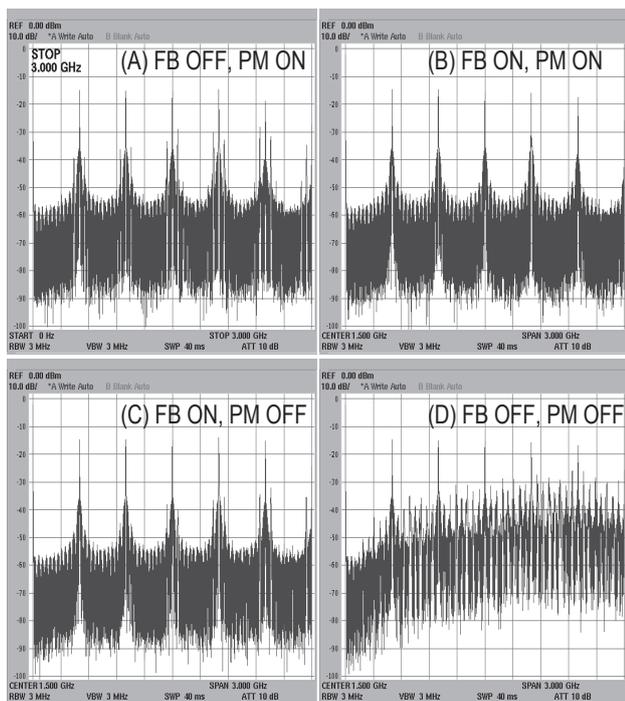


図 2 ボタン電極で測定したビームスペクトル。周波数スパン 0~3 GHz。

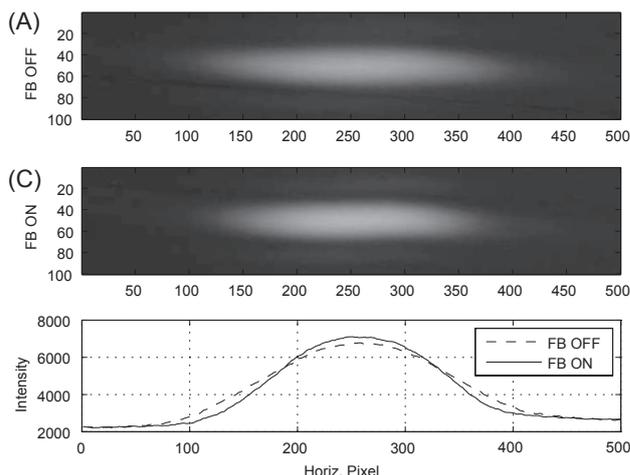


図 3 ケース (A) と (C) での可視光ビームプロファイル。

ドで運転するメリットはあまり無いと考えている。

ケース (A) と (C) での SR モニターによって観測したビームプロファイルを図 3 に示す。フィードバック ON 状態にすると、位相変調のみの状態に比べて水平方向のビームサイズが小さくなり、ピーク強度も相対的に 8~9% 程度強くなることが分かった。光モニターが設置してある場所はディスパージョンが 0.2 m あるので、進行方向不安定によるエネルギー振動がビーム水平方向の広がりとして観測される。従ってこのプロファイル変化はバンチフィードバックによって進行方向の振動が抑制できたことが放射光の輝度上昇につながったものと説明できる。

2007 年 12 月 2 日には測定器光源合同マシンスタディを実施し、ケース (A) ~ (D) の状態で各ビームラインにおいて放射光の強度測定を行った。多くのビームライン担当者の協力を得て、たいへん有意義なスタディとなった。多数のビームラインではフィードバック状態によらず、常に強度は安定していた。その一方で、BL-17 や BL-5 等のディスパージョンのある場所に挿入光源があるビームラインでは、フィードバックを ON にすると通常の運転状態に比べて約 30% 近く強度が上昇すると同時に強度変動の幅も小さくなっていることが観測された。このように進行方向フィードバックは非常に有効であり、出来る限り早期にユーザー運転に供することが望まれる。フィードバックを ON にすることでビーム特性の劣化が観測されたビームラインは無く、ビーム寿命が短くなることのみが問題であった。寿命については今後の Top-Up 入射で解決する方針である。

今後は通常のユーザーラン 450 mA での安定運用を目指すことが第一の目標である。そのために最終段のアンプ出力電力の増強を行い、フィードバックのキャプチャーレンジを広げる予定である。並行して検出部のさらなる高 S/N 化やデジタルフィルターの最適化を進める。次に重要な課題としてバンチが伸縮する 4 極振動の抑制が挙げられる。4 極振動を抑える最も単純な（しかし安直な）方法はもう 1 組進行方向フィードバック系を構築することであるが、今後も様々な対策を検討してゆくことを考えている。