

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

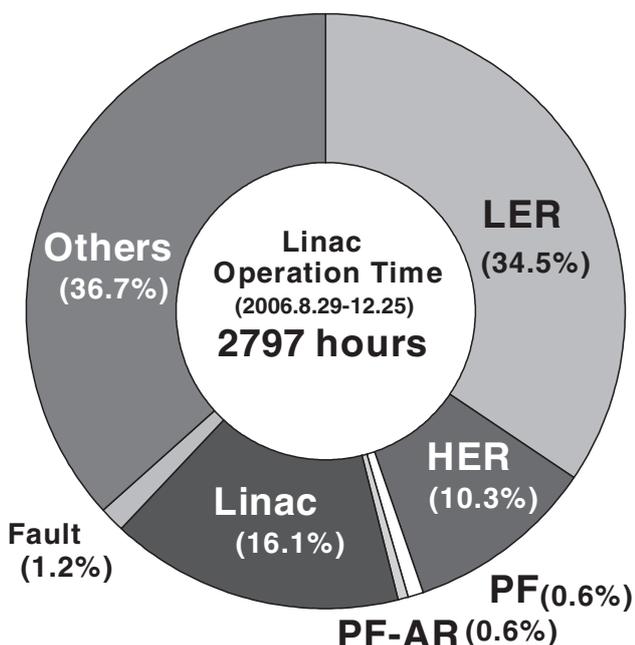
概況

2006年9～12月の運転日程は、
 (8月29日 入射器運転開始)
 9月19日 KEKBへ入射開始
 9月25日 PF-ARへ入射開始
 10月2日 PFへ入射開始
 12月25日 全電子加速器運転停止
 であった。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15日 PFへ入射開始
 1月17日 PF-ARへ入射開始
 2月13日 KEKBへ入射開始(予定)
 の日程で運転を開始した。

運転統計

秋期の入射器運転は2,792時間であった。このうち、PFへの入射時間は18時間4分、PF-ARへの入射時間は15時間48分、また、入射器故障は約35時間、入射遅延はPF34分、PF-AR4分であった。

PF入射時間は2005年秋期、直線部増強工事後の試運転のため増えた(122時間42分)が、昨秋は2004年同期(23時間30分)に比べて短縮した。これは一昨年度から実施



している入射改善の効果である。また、PF-AR入射時間も2003年から73→41→23→16時間と年々短縮されているが、これは入射器、PF-AR双方の努力によるものと考えられる。

入射器故障(2005年秋40時間、2004年秋54時間)と入射遅延(PF, 2005年秋4時間37分, 2004年秋1時間22分, PF-AR, 同34分および1時間9分)も減少した。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)、PF入射のためのA1電子銃の改造(Phase-II)、パルス毎の高速なビーム切り換え(Phase-III)を含む。本年度までにパルス化を除く工事が行われ入射改善の成果が出ている。

入射パルス化の課題は詳細にみるといくつかの項目を含む。パルス電磁石および電源の製作を本年度行ったが据付けは2007年夏に工事の予定である。また、ビームをパルス毎に切替えるためには、PF入射用2.5 GeV電子ビームとKEKB入射用8 GeV電子ビームの加速を高速に切替える必要がある。そのため、同一のビームオプティクスで異なるエネルギーのビームを輸送しなければならない。また、マイクロ波の位相、各種モニターの高速切替えも必要になる。

2006年、PF用2.5 GeVビームとKEKB用8 GeVビームの輸送試験にほぼ成功した。また、A1電子銃ビームとPFリングの同期システムの改造を行ない、入射試験に成功したことは大きな成果であった。しかし、KEKB用陽電子ビームの切替は今後の課題である。さらに、PF-ARビームの高速切替は今回の改善計画とは別途検討すべき課題と考えている。

新年の抱負

2006年、入射改善工事や入射器の安定な運転で前進した。陽電子結晶標的の実用化による陽電子ビームの増加などの成果もあった。また、第1研究系から三浦孝子さんがマイクロ波グループに移籍した。

2007年の第1の課題は、入射改善の最終ステップ(パルス化)に進むことである。昨年夏の工事で実施予定であったパルス電磁石設置は今年実施する。そのほか、低速陽電子ビームの増強のための変更申請が認められ、最大エネルギー100 MeV、ビーム電力2 kWで運転する。大学支援関係では、理科大FEL運転支援などをひきつづき行うほか、今年前半の目標として東大宇宙線研究所の最大エネルギー宇宙放射線検出器校正用の可搬型リニアックの製造支援を行なう。マイクロ波グループを中心としてXバンド試験設備の入射器棟への移設、ILCのR&Dも行なう。課題は多いが、一時期20名近くまで減少したスタッフが31名まで復帰し、若いスタッフが育ち活躍している。入射器系全体のエネルギーを生かし、今年もひとつひとつ着実に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

放射光源研究系の宮島司氏が第 20 回放射光学会年会において奨励賞を受賞されました。詳しくは受賞記事をご参照ください。

PF

12 月 25 日に 2006 年の運転を終了した。11 月 21 日から 27 日まで単バンチ運転を、また 12 月 19 日より 25 日まで 3GeV 運転を行っている。運転は大きなトラブルもなく概ね順調に推移した。冬の短期の運転停止後、1 月 15 日に運転を開始し、17 日に光軸を確認後ユーザーランを再開した。昨年夏の真空系の大気開放により一時短くなっていたビーム寿命も回復してきたため、1 日 2 回であった入射を 1 日 1 回に変更した。上記単バンチ運転時にトップアップ運転を行う上での問題点の洗い出しのために MBS 開の状態での入射を試行した。また、1 月の運転再開時に入射用線形加速器を占有して多バンチモードでビーム電流約 450 mA をキープする試験を行った。このように、トップアップのための準備を着々と進めている。トップアップ計画の詳細は次号に掲載する。

PF-AR

PF-AR も 12 月 25 日に 2006 年の運転を終了している。1 月 17 日に運転を開始し、19 日に光軸を確認後ユーザーランを再開した。

冬季停止期間中に NW12 の真空封止型アンジュレータのチェンバーに取り付けてあるイオンポンプの高電圧導入用フィードスルーからのリークが起こったがバックシールで応急処置をした。春の停止期間中にそのイオンポンプを交換する予定である。当該フィードスルーのメタライズ部に発錆が認められているが、発錆の認められるフィードスルーがもう一個ある。ロット不良があるのかもしれない。

ビーム軌道が、真空ゲージの読みに与える影響の調査中に、偶然 SW2 - SW3 で下側に約 1 mm のバンプをたてると寿命が約 30% 延びることを発見した。原因は不明である。春季停止期間中に、障害物の有無を調べるため当該部の大気開放を行い調査を行う予定である。東直線部 2 番空洞下流側のリークの問題は、前号で報告した“継ぎ足し入射”を行うことにより、頻度を下げている。

NW14 には 2 台の挿入光源が設置されている。電子軌道が直線の場合は、両者からの光が混ざって出て行く。新たに、鉛直方向のバンプ軌道をつくり上流側の挿入光源からの光のみビームライン側に出て行く軌道をつくった。従来の軌道（上流側、下流側の両方の挿入光源からの光が出て行く軌道）と新たなバンプ軌道（上流側からの光のみが出て行く軌道）が切り替え可能となった。下流側挿入光源からの光の強度が上流側からの強度より強いので、前者を利用するときは後者の影響を無視できる

が後者を利用するときは前者の影響が無視できない、という問題が解決した。

放射光科学第一・第二研究系の現状

放射光科学第二研究系主幹 河田 洋

運転・共同利用実験

平成 18 年度第三期（1~3 月）の PF リングの運転については 1 月 15 日から立ち上げを、そして 17 日から早々にユーザー運転を開始し、3 月 12 日まで行う予定で進めています。一方 PF-AR については 1 月 17 日から立ち上げを、そして 1 月 19 日からユーザー運転を開始し、3 月 5 日まで行います。例年の運転より、若干早く停止するのは、3 月、4 月のシャットダウンを利用して、懸案になっておりました偏向電磁石電源の更新作業を行うためです。今期の立ち上げにおいても、偏向電磁石電源のトラブルが発生し、1 月 19 日からのユーザー運転が危ぶまれましたが、幸いにして修理が間に合い事なきを得ております。上記の更新作業によって安定した運転が確保できるものと考えておりますのでどうぞご理解ください。

PF リングにおいてはトップアップ運転が一つの重要課題と考えており、第二期の運転におけるシングルバンチ運転（11 月 21 日から 27 日）ではビームシャッターを常時開としたままでのユーザー運転を行いました。完全なトップアップ運転ではないものの、ビームシャッターを閉じないで入射を行うモードですので、入射時に光学素子が完全に冷えることがなくなり、再度熱平衡に達するまでにかかっている時間を短縮することができ、概ね良い感触を得ております。一方、いくつかの問題点も明らかとなりその対策の努力が光源系を中心として進められています。更にマルチバンチ運転でのトップアップ運転の実現を目指して 1 月 16 日のマシンスタディーの際に、マルチバンチ運転でシャッターを常時開としたままでの入射時における放射線サーベイ等を行いました。また今回のシングルバンチ運転時（2 月 6 日～2 月 12 日）にはほぼ完全な形のトップアップ運転（数 10 秒ごとの入射運転）を行うべく、その安定性テストを 1 月 29 日に光源・利用系合同スタディーが行なっています。シングルバンチユーザーのみならず、他のユーザーにとっても問題ないかどうかのチェックを行い、基本的な問題がないことが確認できましたので 2 月のシングルバンチ運転ではトップアップ運転を行う予定です。一方、マルチバンチ運転でのトップアップ運転は、2007 年からマシンスタディーでのテスト運転を開始し、遅くとも 2008 年秋にはユーザー運転の開始を目標に進めています。

ビームラインの建設等

前号でも紹介しておりましたように、新 BL-3A の構造物性ショートギャップアンジュレータの建設、旧 BL-3A のアクティビティの BL-6C への移転、BL-3B、3C の改

造等の作業が昨年夏のシャットダウン時に行われ、秋から冬のマシンタイムでそれぞれの立ち上げが行われました。BL-3A ではビームラインの立ち上げ作業が移相子の導入を除いてほぼ終了し、回折計を用いたユーザー実験が1月からのマシンタイムからはじめられています。10 keV 以下のX線ではPFで最も輝度の高い構造物性研究を念頭においたX線回折実験ステーションであり、また次年度にはビームラインの移相子の導入によって偏光切り替えを容易に切り替えることが可能となります。ユーザーの皆様からその光源を生かしたすばらしい研究提案を御願する次第です。一方、BL-6Cは2結晶分光器と集光ミラーによる2次元集光ビームラインとして整備しました。そして本BL-6Cビームラインは、東京工業大学の佐々木聡教授を中心とした協力ビームラインとして、その運用が1月のマシンタイムからスタートいたしました。また、BL-3Aに展開した後のBL-16Aビームラインの撤去作業も進められ、来年度設置に向けて「可変偏光軟X線ビームライン」の準備を進めております。

一方、PF-ARでは、光源研究系の報告にもありますように、NW14Aで2台目の周期長20mmの挿入光源(U20)の運転が開始され、ラウエ法による時間分解X線回折実験によるタンパク質の機能解析実験や、X線溶液散乱を用いた溶液内の分子解離等の実験がERATO腰原非平衡ダイナミクスプロジェクトの一環として開始されています。

人の動き

物構研では3件の所内公募がありました。物構研06-4の人事公募である「放射光X線のコヒーレンスを用いた新しいイメージング法の開発を行うとともに将来光源におけるこの分野の開発研究を担う講師」として、平野馨一氏が選任されました。平野氏はこの分野で多くの研究業績を修められていることは皆様の周知のところと思いますが、現在のこの分野における開発研究のみならず将来の技術開発の中心的な立場として今後の更なる活躍を大いに期待しております。また物構研06-5の人事公募である「低速陽電子施設の運営に当たるとともに低速陽電子を用いた計測法の開発を担う講師」として栗原俊一氏が選任されました。栗原氏もこの分野で多くの業績を修められていることは周知のとおりです。獅子奮迅の活躍をされておられますが、今後この分野の看板としてさらに活躍されることを期待しています。物構研06-6の研究機関講師の人事公募では、放射光関係で、光源研究系から谷本育律氏、放射光科学第2研究系から五十嵐教之氏、安達弘通氏が選任されました。3名の方々の更なる活躍を期待する次第です。最後に、物構研06-08の博士研究員として、従来共同研究員であった佐古恵理香氏が選任されました。佐古氏には、前述しましたBL-16に今年度夏に設置を控えております可変偏光軟X線ビームラインの建設作業およびそのビームラインを用いた新しい利用研究の創生に関して雨宮健太助教授と協力して大いに推進していただき、活躍いただくことを期待しております。

ERL 計画推進室報告

ERL 計画推進室長 河田 洋

前号の11月から3月におけるERL計画推進室の活動状況は、基本的には4月からの活動方針である各開発要素の検討項目の調査及びその開発に向けての検討、具体的なスケジュール、予算等の多岐にわたる検討作業と、本ERL計画を内外にアピールすると言う情報発信の作業を両輪として進めてきています。主な活動は以下の通りです。

<活動報告>

11月24、25日に開催されましたAsia/Oceania Forum for Synchrotron Radiation Researchでは"Future Light Source based on Energy Recovery Linac in Japan"と"R&D Status of the ERL Light Source Project in Japan"の二つの講演(全体計画とR&D)を発表しました(<http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/>にそのプレゼンテーションファイルを掲載しています)。また、1月12～14日の放射光学会では坂中氏(KEK)が「大型ERL放射光源に向けた実証機計画の現状」、羽島氏(原子力機構)が「ERL放射光源のための高輝度大電流電子源開発の現状」、そして梅森氏(KEK)が「将来光源ERLのための超伝導加速空洞の開発」、羽島氏が「ERL放射光源用の新型超伝導キャビティーにおけるHOM-BBUの解析」を発表し、この一年間の開発及び検討の成果を報告しました。電子源の開発では、原子力機構グループを中心にして、 $Ga_{1-x}Al_xAs$ の混晶系のフォトカソード材料を開発することから従来のGaAsと比較して量子効率を2倍、寿命を1桁増大させることに成功したこと、また超伝導加速空

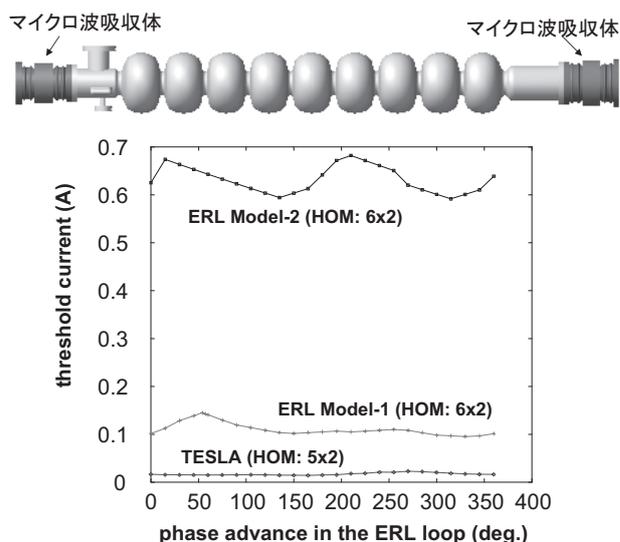


図1 大電流ビームを可能とするための高次モード(HOM)減衰に留意して最適化して設計したキャビティー形状とその設計でシミュレーションされる高次モードに起因するビーム不安定性の閾値電流の位相依存性。当初のTESLA空洞と比較すると、最適化により2桁近い閾値電流の向上が見込まれる。(第20回放射光学会(広島), 坂中他(2C001), 梅森他(13P012), 羽島他(13P013))

洞の開発では KEK, 原子力機構, 東大物性研のグループを中心に, 従来の TESLA 空洞をベースに HOM の吸収体部分の形状, 及び加速空洞そのものの形状を最適化することによって, シミュレーションでそのビーム不安定性 (BBU) を引き起こす閾値電流を 10 mA から 500 mA 以上に向上させる設計に成功しているという着実な成果が得られてきています (図 1 参照)。また実証機の全体設計も周回部のラティス, シールド等の設計がまとまりつつある状況となってきています。1 月 29 日から 2 月 2 日にインドで開かれましたアジア地区の加速器の会議である APAC にもそれらの結果を報告いたしました。

一方, コーネル大学では実証機の予算化が進んでいて, 既に前段加速部の超伝導キャビティーのテストが開始されつつあり, これを受けて 11 月 5 日から 12 日にコーネルで開発中の超伝導空洞のカプラー・テストに梅森氏 (KEK) と阪井氏 (東大物性研) が立ち会うと同時に, 技術的な視察及び研究打ち合わせをいたしました。また, 今後の研究協力関係を確実にするために研究協定の文案を相談していましたが, 年度内に CLASSE (THE CORNELL LABORATORY FOR ACCELERATOR-BASED SCIENCES AND EDUCATION) と KEK との間で締結する方向で進めています。また, 3 月中旬から宮島氏 (KEK) がコーネル大学でビームダイナミクス研究のため, 少なくとも 6 ヶ月渡米し, 具体的な長期の研究協力が開始する予定です。

一方, 実証機開発場所として, 年度当初から J-PARC にそのアクティビティーが移転する冷中性子実験棟をベースにして検討を進めてきました。しかし検討を進める中で, 冷中性子実験棟の床耐荷重の脆弱さから加速器のシールドを置くことへの懸念, またそれが不十分であった場合に放射線の問題, そしてまた限られた空間のため, 将来の利用研究のための空間確保の困難さといった諸々の問題が浮き彫りとなってきました。その中で, 機構全体で PS (陽子加速器) の跡地を検討するワーキンググループが立ち上がり, 素核研が主に使用していた東カウンターホール



写真 1 ERL 実証機開発場所として現在検討されている冷中性子棟と東カウンターホールの航空写真。

(写真 1) を ERL 実証機開発場所として利用する可能性が浮上し, その方向での検討を進めています。

< ERL 検討会 >

ERL 検討会はそれぞれの WG で行われている各論の検討結果を報告する形式で進めています。11 月からの検討会では, 具体的に実証機の形状, 放射線シールドの検討, 付帯設備 (冷凍機, 電源, クライストロン等々の配置), 各要素技術の検討結果報告, そして年次計画の再検討という具体的事項の検討に移ってきています。詳細は上記のホームページを参照して下さい。

- ・第 9 回 2006 年 11 月 14 日 (火) 14:00 ~
PF 研究棟 2 階会議室
- ・第 10 回 2006 年 12 月 18 日 (月) 14:00 ~
PF 研究棟 2 階会議室
- ・第 11 回 2007 年 1 月 22 日 (月) 13:30 ~
原子力機構 情報交流棟 テレビ会議室

SGU ビームライン新 BL-3A 建設の現状 (その 2)

放射光科学第二研究系 若林裕助

構造物性用ショートギャップアンジュレータ (SGU) ビームライン BL-3A 建設についての続報です。前号の PF ニュースでは光導入試験で SGU 光がハッチまで通った, という所までの報告でした。

BL-3A は 4 keV から 14 keV の範囲で共鳴 X 線散乱をはじめとした回折実験を行うと共に, 移相子をビームラインに組み込むことで可変偏光の実験を計画しています。このような実験に必要な光は, (1) エネルギー変化に対して位置が動かず, (2) 時間に対しても位置・強度が安定しており, (3) 1 mm 角以下に集光されていて, (4) 大強度であることが要求されます。これらの条件を満たすべく, 10 月から 12 月の間に, 水冷モノクロの調整やミラーによる集光の条件決めを行いました。

水冷モノクロがどれだけの熱負荷を受けるか, 本当に水冷で耐えられるのかを確認するために, 最初に第一結晶表面温度をモニターしながらスリットを徐々に開いていく, という事を行いました。その結果, 最大で 6°C 程度の温度上昇が見られ, 若干の熱による結晶の歪みが観測されましたが, 仮にスリットを全開にしても使い物にならないほどの問題にはならないことを確認しました。

エネルギー変化に対してビーム位置を一定に保つために, BL-3A のモノクロメータはカムで二枚の結晶の間の距離を調整しています。また, 二枚の結晶を平行にするためのモーターが真空チェンバー内に組み込まれています。結晶の間の距離もモーターで動かすことが可能ですが, 調

整してみたところ、カムの精度がかなり高く出来上がっていることがわかり、結晶の間隔はカムのみで行うことで 8 keV 周辺の狭いエネルギー領域を除くと ± 0.1 mm 以内の変動に収められました。ミラー集光の結果、横 0.6 mm、縦 0.2 mm のビームサイズを得、BL-3A で想定している用途には十分なビームサイズとなっています。アンジュレータのスペクトルは大きなエネルギー依存性がありますが、どのエネルギーでも大きな強度を得るために、回折計の制御 PC からアンジュレータのギャップ変更ができるようにした上、モノクロメータを動かすと同時にギャップ変更を行うように回折計制御ソフトに手を入れました。ここまでで上記 (1), (3), (4) が達成されました。問題は (2) の時間に対する安定性で、12 月の段階で 1 ~ 2 週間間に 1 mm 程度ビームが横に動く、という現象が見られました。モノクロメータ水冷配管が硬く、かなりのテンションを機械にかけていましたので、その配管を変更して様子を見ることにしています。ここまでの段階で一応は実験に使える状況になり、1 月から共同利用を開始しています。東北大 村上研、多元研の有馬研の方々をはじめ、ご協力いただいた皆様に感謝します。

ビームライン側の調整で残るは移相子です。これは 2 月以降に立ち上げを行います。回折計側は、四軸は一通りの機能が正しく動くことを確認しています。一方で超伝導磁石と二軸回折計は移設後まだ稼働させておらず、2 月 20 日から、東北大多元研の有馬教授の S 課題で動かすのが BL-3A での磁場中回折実験の初回となります。見切り発車的な部分もある共同利用開始であり、特に初期の段階ではユーザーの皆様にご迷惑をおかけすることもあるかと思いますが、ご協力をお願いします。

BL-28B の建設

放射光科学第一研究系 小野寛太

昨年の夏期シャットダウン中に BL-28 のブランチ BL-28B の建設を行いました。BL-28A は高分解能角度分解光電子分光 (ARPES) 専用ビームラインとして、昨年春から共同利用に供されております。

BL-28B ブランチは、ARPES 以外の VSX 領域のユーザ、特に光電子顕微鏡 (PEEM)、原子・分子などのユーザに高分解能、高強度の放射光を利用していただくことを目的として建設を行いました。本ブランチでは分光器の下流で平面ミラーを振ることにより、ブランチへと光を導いており、このため BL-28A と BL-28B は排他的な利用となっております。

昨年の夏期シャットダウン中に無事建設を終え、10 月の運転からは BL-28B に光を導くことが出来ております。しかしながら、現状では数分の周期で試料位置での光の位置が数 100 ミクロン程度変動することが観測されており、現在は原因を突き止め、変動を止めることができるように

作業を進めております。

BL-28B の建設に当たっては、PF スタッフ、三菱電機システムサービスの方々、また東大尾嶋教授を中心とするユーザグループの方にご尽力をいただきました。紙面をお借りして感謝いたします。