

## 3. 施設の現状と進展

### 3-1 加速器開発

#### 1. 加速器部門概要

2002年度の加速器の総運転時間は昨年より100時間ほど長い15543時間、その内ユーザータイム（総運転時間から加速器とビームラインの調整とスタディーを除いた時間）は約4150時間であった。このうち実際に利用に供された時間は3900時間で昨年より100時間ほど少なくなった。これは、放射線損傷による機器のダウンタイムが増えたことに加えて、空洞および挿入光源での真空トラブルが増えたことで、ダウンタイムが昨年の2倍強に増加したことが主な要因である。今後、前者の放射線損傷による機器故障の頻度が増えるものと思われる。そのため、昨年度に引き続き予備品の一層の充実を図るとともに、加速器コンポーネントがこれまで受けた放射線線量の評価、実機を用いた照射実験からの寿命の推定、および各機器に対する遮蔽方法の検討を始めた。

蓄積リングでは、直線部に運動量分散関数を漏らすことで水平方向のエミッタンスを6nmradから3.1nmradに半減させる低エミッタンスオプティックスが2002年11月から利用運転に導入された。これにより計算上の輝度は3倍ほど増強されたが、ビーム寿命はタウチェック効果がより厳しくなったため約半分程度になった。そのため、トップアップ運転を2003年秋から一部導入できるようにバンブ電磁石の高精度化、入射時のビーム損失の低減、インターロックの改造等の検討を始めた。

また、2000年から進めてきた軌道安定化のプロジェクトは最終年度に入り軌道振動の原因の特定と震動源の除去等が行われた。その結果、垂直方向の軌道振動はrms値でビームサイズの数分の1にあたる1ミクロン程度まで改善できた。

線型加速器では、ビームエネルギーと軌道安定化に関する各種の改造で安定度がさらに改善した。また電子銃の下流に設置したデフレクターの調整が進み、単バンチ性能が向上した。その結果として、蓄積リングの単バンチ不純度が $10^{-10}$ のレベルまで到達した。

シンクロトロンでは、トップアップ運転を睨んで、シンクロトロンでのビーム性能の向上と軌道の安定化を図るため、ビームの形状と位置を常時観測できる薄膜を用いたOTRモニターをSSBT輸送系に設置した。

加速器制御系では、線型、シンクロ、蓄積リングの3つの加速器の制御系の高機能化、高精度化、高速化に関する改造等を実施した。また、中央制御ではシステムの信頼性をより高いものにするために、サーバーのクラスター化とデスクシステムとインターフェース等の2重化を実施した。

また、広島大学のHiSORからの要請を受け、SPring-8で

開発された制御システム（MADCOCA）をHiSORに移植した。装置の規模や使用するコンピュータがかなり異なるシステムであったが、問題なく移植され、正常に動作していることが確認された。

一方、8GeV電子ビームの更なる高性能化と高度利用方法の開拓を目指し、電子ビームの性能評価と高耐熱性機器の開発を可能とする加速器診断、のビームラインの整備、逆コンプトン散乱でMeVから10数MeV光子を生成するための遠赤外レーザーシステムの開発と加速器診断のビームラインへの設置、10テスラ超伝導ウイグラーを用いた大強度MeV放射光の生成実験を実施した。さらに、世界最高性能の電子ビーム（3pmradの垂直方向のエミッタンスとバンチ当たり1KAレベルのピーク電流）と、超伝導crab空洞（蓄積リングの最大の特徴である30m長直線部に設置）を組み合わせ、フェムト秒領域の高輝度X線短パルス放射光を生成させる研究開発を始めた。

RF電子銃の開発では、高量子効率カソードの開発を浜松ホトニクス㈱と共同で始め、試作品の製作とその試験を実施した。このRF電子銃の開発の進展に伴って、電子銃でのエミッタンス等のビーム性能を正確に評価することが重要となったため、現在のRF電子銃テストベンチに加速管を追加し、電子ビームのエネルギーを30MeV程度に増強する改造を始めた。この改造で、短パルス電子ビームの利用方法の開拓も同時に進めることが可能となる。

加速器部門 熊谷 教孝

#### 2. 加速器部門各グループ報告

##### 2-1 運転軌道解析グループ

###### (1) 加速器の運転

2002年のSPring-8加速器の総運転時間（サイクル毎の線型加速器のビーム運転開始から全系加速器の運転停止までの時間の総計）は5,543時間、蓄積リングの運転時間は5,484時間であった。図1に供用開始依頼の運転時間を示す（脚注）。2002年は蓄積リング総運転時間の72.2%にあたる3,958時間が実際にユーザータイムとして利用された。加速器およびビームラインの調整には24.4%に当たる1,336時間が使われた。また、4.8%に当たる190.5時間がトラブルによりユーザータイムが中断した時間である。

2002年のユーザータイムでは、前年などと比べて、多バンチモードの運転の割合が減少し、ユーザータイム全体の35.0%の1,383時間であった。これに対して、少数バンチモードでの運転の割合が増加し47.2%、1,870時間、ハイブリッドモードと呼ばれる多バンチモードと少数バンチモード

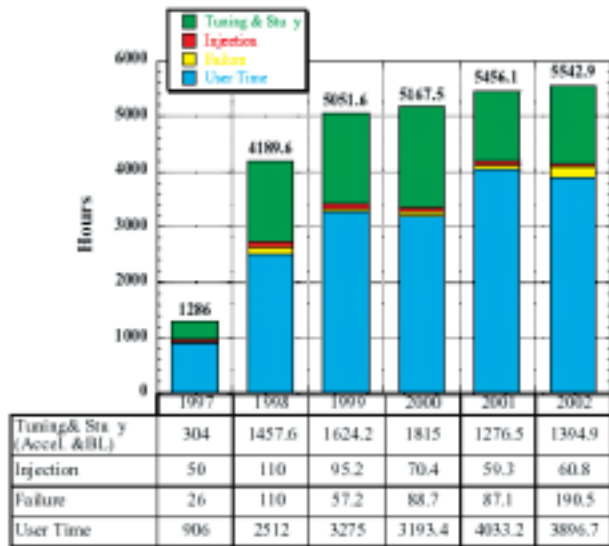


図1 供用開始以来の運転時間の推移

が共存する運転はやや減少し17.8%、704時間であった。少数バンチモードでのバンチ不純度（電子の蓄積されたバケットの電子数と蓄積されていないはずのバケットに入り込んでしまう電子数の比）は単バンチビームの生成システムなどの改善により、 $10^{-10}$ 台以下となった。

2002年はトラブルにより、42回のビームダンプあるいは計画外のビーム廃棄が起きている。加速器のトラブルは高周波加速空洞の反射異常、アブソーバなどの冷却水流量低下、挿入光源部に設置されたビーム軌道インターロックの誤動作、ビームラインでの誤操作などであった。高エネルギー放射光および放射線による機器損傷のトラブルが昨年度に続いて目立ってきている。損傷対策の一環としてアブソーバのサンプリング調査は引き続き行った。また、電磁石冷却水用のゴムホース配管の放射線による損傷とによる漏水トラブルが、2002年度後半には頻発するようになった。そのため、特に放射線線量の高い部分のゴムホースを、年度末3月中旬のマシスタディの時間を一部利用して全周に渡って交換した。加速器の全てのコンポーネントで放射線による性能劣化が進行している可能性があるため、さま

ざまな観点からの調査と対策を進めた。

6月には真空封止型挿入光源のチェンバ内に冷却水が漏れ出すという事故が発生した。原因調査および対処が行われたが、最終的な原因が特定できず、挿入光源を蓄積リングから取り外す事になった。

一方、入射系（線型加速器およびシンクロトロン）の機器の故障または不調で、蓄積リングへの定時ビーム入射が延期され回数は2002年では23回、延べ時間で26.4時間と僅かであった。

（脚注）年次報告書は年度毎のまとめであるが、運転統計は従来通り1月～12月までとする

（大熊）

## （2）軌道安定化

2001年1月からスタートした蓄積リングの軌道安定化プロジェクトは、2年間で明確な成果を出す事を目標に進められてきた。2001年は軌道変動要因調査を重点的に行い、2002年は軌道変動要因の具体的抑制を行う年と位置づけ活動を行ってきた。水平方向のビームサイズは、現状では $350\mu\text{m}$ （ID光源点）と大きいため、ユーザーが利用する光ビームの安定性にとっては、ビームサイズが数 $\mu\text{m}$ と小さい垂直方向の軌道振動の方が特に重要である。しかし、本プロジェクトでは将来の低エネルギー運転による更なる低エミッタンス化を視野に入れ水平、垂直を問わず、軌道振動の抑制対策を進めている。

1) 真空チェンバの振動とビーム振動の相関測定により、軌道の振動スペクトル（図2）内に見られる数10Hz領域のプロードなピークは水平、垂直を問わず、真空チェンバの振動により誘起されていることが調査の結果明らかとなった。特に垂直軌道変動の30Hz近傍の成分はA架台Q3電磁石（偏向電磁石側）部真空チェンバの振動に起因していることが分かった。これは、真空チェンバがQ電磁石の磁場で振動することにより、そのチェンバ表面に渦電流が発生して、その渦電流が作る電磁場がビーム

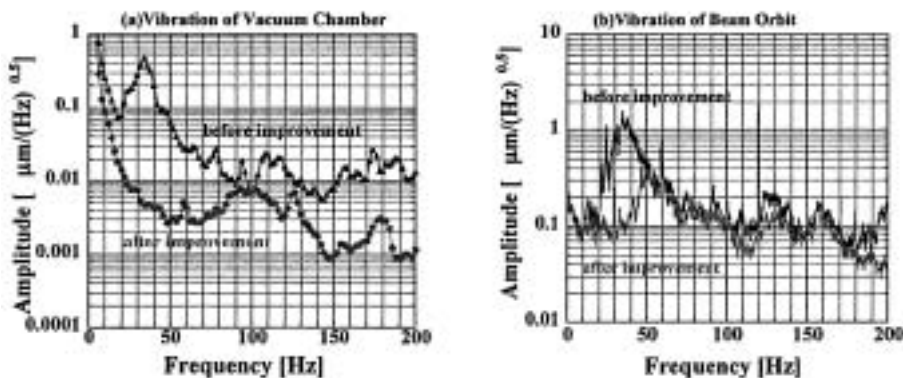


図2 振動対策前後での真空チェンバの振動と対応するビーム振動のスペクトル

を振動させるためである。2002年5月の中間点検期間に、A架台チェンバ振動抑制のためのサポートの追加、アブソーバ冷却水流量の低減、配管系のサイズ変更、流量調整弁の種類の変更などの振動対策を実施した。これにより、30Hz近傍の垂直振動の振幅は約1桁低減できた(図2)この事は、水平方向の70~100Hzの振動抑制にも効果があり、この周波数帯域での水平振動振幅を10dB程度低減できた。夏期停止期間には、さらにB,C架台に対し、同様の振動対策を実施、水平、垂直ともに50~70Hzの振動成分を10dB程度抑制できた。これらの対策の結果、現在では、200Hz以下の帯域で、挿入光源部でのビーム振動は、水平rms. 4 μm垂直rms. 1μm 程度にまで低減されている。

2) ゆっくりした軌道変動は周期的な軌道補正を施すことにより抑制している。位相の自由度を増やすことにより補正性能を向上する目的で、2002年夏期停止期間に分解能が高く原理的にヒステリシス効果を持たない空芯型のステアリング電磁石を水平、垂直各12台から24台に増強した。この電磁石数の増強にともなって、周長変動によるビームエネルギーの変動との混合を防ぐため、軌道変動のうちのエネルギー変動による寄与を補正対象から差し引くアルゴリズムを再度導入した。この結果ユーザー運転時の1日(定時ビーム入射の間隔)におけるビーム軌道ドリフトは水平、垂直ともにrms.で約5 μm程度となり、補正による光軸位置の飛びも殆ど発生せず、極めて安定な軌道を実現できた。

3) 比較的遅い軌道変動の主要因としてIDの位相駆動及びギャップ駆動が誘起する軌道変動がある。IDのより完璧な透明化を目指して実時間軌道変動測定系の整備とそのデータを用いたID位相駆動及びギャップ駆動時の高精度補正テーブル作成法の開発を行ってきた。IDのパターン駆動とフィルタリングを組み合わせIDの誘起した変動のみを抽出、ID誤差磁場のモデル化を経て補正電磁石の設定テーブルを計算する方法はほぼ確立し、現在ID23を用いたスタディにおいて1μm程度まで軌道変動を抑制できるところまできている。光ビーム変動データの利用と開発した手法によるID補正テーブルの作成手法は、ほぼ目処がつき、今後はこの手法をSPring-8の他の挿入光源の補正テーブルの高精度化に適用していくことになる。

(田中/大熊)

### (3) Top-up運転

SPring-8では、1999年からTop-up運転の実現に向けた検討を行ってきた。2002年中頃に、2003年秋からの「暫定的Top-up入射のユーザー運転への導入」という目標が設定され、マシン制御系、モニター系、放射線安全上のインターロック系、入射パンプ電磁石と電源、プースターシンクロトロンから蓄積リングへのビーム輸送路に設置するコリメ

ータ等の設計、製作が急ピッチで進められた。Top-up運転の実現において、特に解決すべきことは、1)管理区域内での放射線線量の増加をもたらす入射時のビーム損失の低減と、2)入射時の蓄積ビームの軌道振動の抑制である。

1) 入射時のビーム損失の抑制：これは、水平方向に大振幅を有する入射ビームの一部が垂直方向に極端に狭くなったID部で失われる現象である。蓄積リングの電磁石パラメータによりビームの垂直方向への拡散状況は大きく異なる。ビーム不安定性に対するActiveなFeedback SystemがないISPring-8の現状では、強いクロマチシティによるダンピングを利用せざるを得ない。また、非線形電磁石によるベータトロンチューンの振動振幅依存性もビーム不安定性の抑制に利用されている。この状況では、入射ビームの損失を最小化する非線形電磁石分布を取ることすらできない。このように制限された境界条件の下、入射ビームの損失をほぼゼロにするために、蓄積リングで励起されている共鳴線の励起強度を下げるとともに、入射ビームの横方向のエミッタンスを低減する2つの対策を組み合わせることを検討している。シミュレーションの予測通り、リングの対称性を回復し共鳴励起を抑えることで、入射ビームをSSBT輸送系で整形しなくとも、そのビーム損失を10%程度軽減できることが実験で確かめられた。対称性回復以後は、ID19とID20を除く標準型IDのギャップ長を12 mm以上としたとき、強いクロマチシティの条件下でもID部での入射時のビーム損失は観測されない。また、ID20のギャップ長を7mmまで閉じて10%程度のビーム損失しか発生しないことも実験的にも確認された。入射ビームの整形と入射パンプ軌道の振幅の低減を組み合わせることで、このビーム損失をさらに低減することがシミュレーションで明らかになっている。このような実験並びにシミュレーションの結果を踏まえ、蓄積リングへのビーム輸送路に設置するコリメータの最適設計と製作が進められた。

2) 蓄積ビームの振動：off-axis繰り返し入射を行うために、4台のパルスパンプ電磁石により入射パンプ軌道を生成す

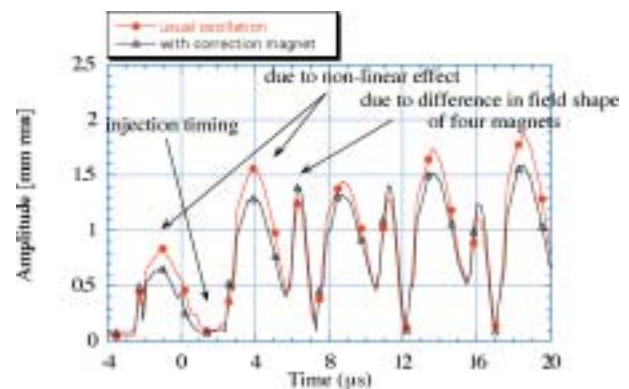


図3 入射時のパルスパンプ磁石の影響による蓄積ビームの振動振幅

る必要がある。磁場波形はサイン半波で、幅はおよそ  $8\mu\text{s}$  である。このバンブ軌道が完全に閉じていないと、蓄積ビームがバンブ軌道通過時にバンブ電磁石の誤差磁場によりキックを受け、ベータトロン振動が誘起される。エミッタンスの増大は短い時間（約  $30\text{msec}$ ）ではあるが、精密実験の大きな障害因子となる。そこで、ビーム振動の様子を周回毎にビーム位置検出器（SPBPM）を用いて詳細に測定した。

図3に蓄積ビームの振動振幅を示す。その結果、ビームの振動は、a) バンブ磁石の立ち上がり部分、b) サイン半波の中間部分、c) サイン半波終了時の磁場のオーバーシュートの3つ部分で生じ、a) は各バンブ磁石の立ち上がりタイミングと形状のずれにより、b) はバンブ軌道が六極磁石をまたぐためにその非線形効果により、c) は、形状の異なるバンブ電磁石のSUS製の端板部分で発生する渦電流の違いにより、発生していると分かった。

a) については、トリガータイミングの調整とサイラトロンの特性を合わせることで小さくすることが可能。b) については、非線形効果を補正するパルス電磁石と電源を現在開発中で、最大  $20\mu\text{rad}$  の補正キックの発生に成功、さらなる性能向上を進めている。c) については、2002年度に鋼板を押さえる端板を絶縁物にした新しいバンブ磁石の試作と試験を実施した。その結果、磁場波形と電流波形の相似性が大幅に改善された。2003年度夏期停止期間中に、現在設置している4台のバンブ電磁石をこの新しいバンブ電磁石と交換する予定である。

（田中 / 大島 / 大熊）

#### (4) 蓄積リングの低エミッタンス化

一般的に蓄積リングの電子ビームの位相空間体積（エミッタンス）を低減する方法には幾つかあるが、SPring-8では挿入光源設置用直線部の無分散を積極的に崩す方法を検討してきた。この方法は、エネルギー分散を直線部に漏らす事で、偏向電磁石部での放射励起を緩和し、水平エミッタンスを無理なく低下することができるメリットがある。その一方、挿入光源部にエネルギー分散が生じるので、放

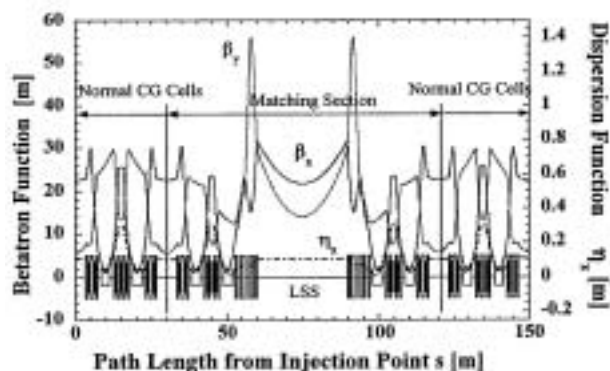


図4 低エミッタンス化Optics

射パワーの大きいウイグラー等が多数設置される場合は、その光子放出による放射励起でエミッタンスを低下させることが難しい。しかし、短周期のアングレータが主体であるSPring-8では、放射励起によるエミッタンス増加に比べ、放射減衰が大きく、挿入光源を最小ギャップまで閉じることで、計算上約20%のエミッタンスの更なる減少が期待できる。2002年の夏期停止期間に、Chasman - Greenユニットセル部のエネルギー分散のみを崩せるように、長直線部両端の8箇所のマッチング部四極電磁石の配線の一部を変更した。2002年秋のマシスタディの結果、従来の  $6.6\text{nm}\cdot\text{rad}$  の水平方向のエミッタンスを  $2.5\text{nm}\cdot\text{rad}$  程度まで安定に低下させることに成功した。X線の実効的光源サイズで規定される有効エミッタンスは、電子ビームのエミッタンスの他に、発光点での分散と電子ビームのエネルギー拡がりにも依存する。それらも含めて、X線光源のエミッタンス（有効エミッタンス）が最小になるよう、2002年11月の第9サイクルから水平方向のエミッタンスが  $3.4\text{nmrad}$  のオペティックスでユーザー運転を開始し、以後順調に運転が継続されている。図4に新たに導入した低エミッタンスオペティックスを示す。一方、垂直方向のエミッタンスは、X線の2光子相関の測定から、水平方向のエミッタンスの低下と同じ比率で低減したことが確認された。これらの事実から、この低エミッタンス化により、通常の挿入光源からのX線光子密度は、低エミッタンス化以前の約3倍に増加したと見積もられる。

（田中）

#### (5) ビーム不安定性除去装置の開発

現状、横方向のビーム不安定性に対しては、強いクロマティシティを用いてベータトロン振動に周波数変調を導入し、非線形振動を引き起こすことでこれを抑制している。しかし不安定性の源の一つである真空封止型挿入光源の数の増大に対して、クロマティシティを大きくすることで不安定性を抑制する事は、入射時のビーム損失の増大につながるため、入射時の放射線量を極力減らすことが必須条件のトップアップ運転では、クロマティシティの低減が不可欠となる。このことから、2001年度から蓄積リングにおける横方向のビーム不安定性除去システムとしてbunch-by-bunchフィードバックシステムの開発を進めてきた。このシステムは、2ns間隔でリングを周回するバンチそれぞれの軌道振動を個別に検出し、それを個別に抑制することで不安定性を除去する。図5はその回路ブロック図である。

位置モニタの信号は矩形波との混合という手法により、6バンチおきの信号として取り出される。この信号は、バンチ間隔の6倍の周期で駆動されている6台のADC-FPGA-DACモジュールによりデジタル信号処理され、フィードバック信号としてアナログ出力される。この6本のアナロ

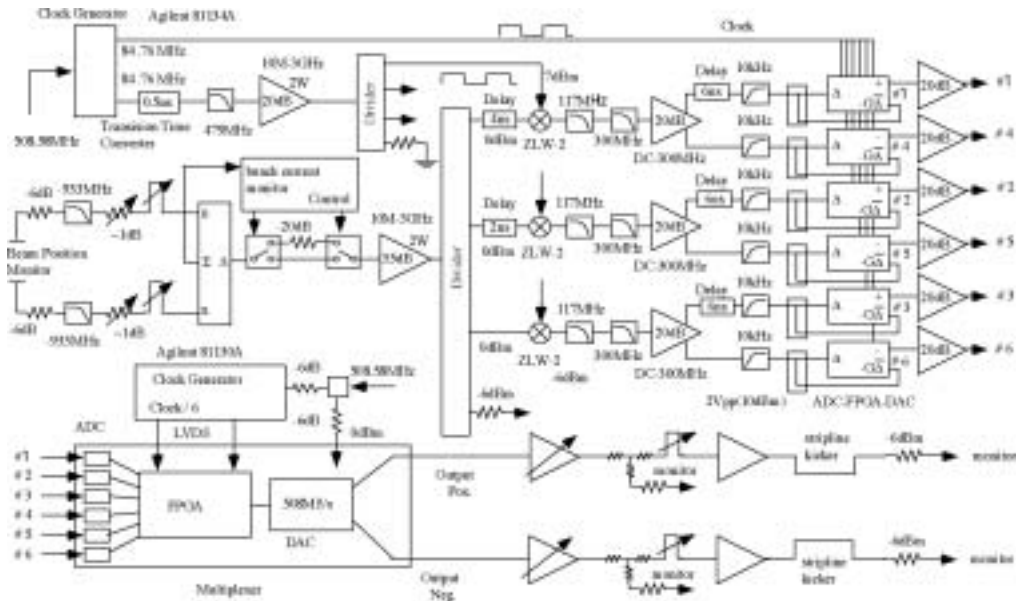


図5 不安定性除去装置のブロックダイアグラム

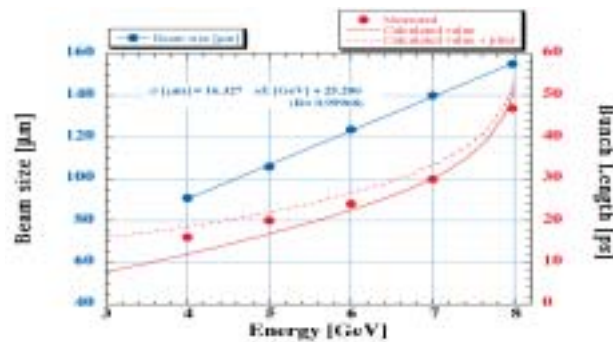
グ信号は、開発中であるMultiplexerにより時間方向へと2ns間隔で並び替えられバンチ個別の信号としてキッカーに送られる。

ADC-FPGA-DACモジュールの数は、クロックの制限から6バンチおきの処理となるため、全てのバンチを処理するためには図に示すように6台必要となる。2002年度はこ

の1台を用いて6バンチおきの処理を行い、203バンチモード、すなわち12バンチおきのモードで以前より問題となっている不安定性を抑制することに成功した。また、真空封止型挿入光源の引き起こす不安定性は低周波のものであるため、近隣のバンチはほぼ同じ位相で振動している。そこで隣り合う6つのバンチを一つのもののみなし、その部分ごとの振動に対してフィードバック、すなわちpart-by-partフィードバックを行い、その不安定性の抑制にも成功した。2003年度は、これら複数台で完全なbunch-by-bunchフィードバックシステムを構築し、実機投入する予定である。

(中村)

図6 水平方向ビームサイズとバンチ長の蓄積リング運転エネルギー依存性



(6) 蓄積リングの低エネルギー運転

蓄積リングは通常8GeVで運転を行っているが、エネルギーを下げることで電子ビームのエミッタンスやエネルギー拡がりを小さくすることができる。これにより、従来にない、高輝度でスペクトル幅の狭い挿入光源からの放射光

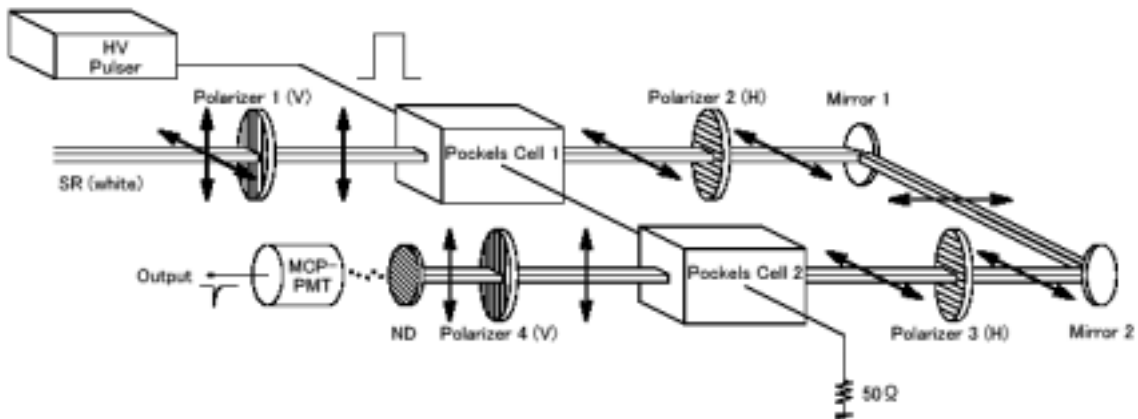


図7 単バンチ純度測定用高速光シャッター付き光子計数装置

が利用でき、新たな利用分野を開拓する道が開かれると期待される。2002年度は4GeVまでの低エネルギー運転試験を低電流値で行った。図6に水平方向ビームサイズ及びパンチ長のエネルギー依存性の測定結果を示す。エネルギーの低下と共にビームサイズ、パンチ長共に低下していることが分かる。

実用運転に向かうための1つの問題点として、入射効率の改善がある。このため、シンクロトロンからのビームを輸送するSSBT輸送系の四極電磁石や、蓄積リングの六極電磁石などの調整試験を行った。これにより、4GeVでの入射効率は数10%程度改善されたものの、依然として8GeV運転時に比べて低い値にとどまっている。SSBT輸送系の四極電磁石の詳細な調整は、8GeV運転時も含めて今後も引き続き行う予定であり、このためのSSBTへのOTRモニター（電子ビームを薄いアルミフォイルに当てて、それからの発光によりビーム形状を測定するもの）の増設も行った。またこれとは別に、誤差磁場などによる蓄積リングのオプティクス歪みが入射効率を悪化させている、という計算機シミュレーションの結果も得られており、応答行列による誤差磁場解析などの検討を進めていく。今後、2002年11月から導入された低エミッタンスオプティクスでの低エネルギー運転も視野に入れて調整を進め、将来的には、水平方向のエミッタンスが1nmrad以下で、安定に低エネルギートップアップ運転ができるようにパラメータの最適化と機器の高度化を目指す。

（早乙女ノ大熊）

## （7）加速器診断

### 1）加速器診断

加速器診断は、偏向電磁石からの放射光を利用して蓄積リング光源電子ビームの診断等を行なうための装置である。

可視光放射光を利用する単パンチ純度測定の高感度化、高効率化を行った。単パンチ純度測定では、主パンチ前後のRFバケット内の微小な不純パンチを検出するためのダイナミックレンジが重要であり、高速光シャッター付き光子計数装置を用いている（図7）。光シャッターは、光の偏光を制御するポッケルスセルと偏光子から成り、立ち上がり時間は1ns以下である。ポッケルスセル光シャッターを二段化することにより、 $10^5$ 台の消光比（シャッター開と閉の光子透過率の比）を実現した。また、シャッター駆動電源である高電圧バルサーの高電圧・高繰返し化並びにパルス幅増大を行い、測定効率を向上させた。これらの改良により、蓄積電流1mAの単パンチに対して $10^{-10}$ 台の不純パンチ検出感度を達成した。

光源電子ビームのエミッタンス評価のために、X線放射光を結像させて光源ビーム像を観測するX線ビームプロファイルモニターを開発している。このビームプロファイルモニターは、微小な鉛直方向エミッタンスが精度良く評価

可能なように1ミクロンの空間分解能を目標としており、二結晶分光器で得られた単色X線を位相型ゾーンプレートを用いて結像し、光源電子ビームのX線像をX線ズームング管により観測する（図8）。2002年度は、昨年度から開始した二結晶分光器等の立ち上げ・調整に引き続き、ビームサイズ測定試験を行った。光源電子ビームの水平方向サイズの測定については、2次元放射光干渉計など他の方法による測定と矛盾の無い結果が得られた。一方、鉛直方向の光源ビーム像の測定は、分光器結晶の変形に影響されていると考えられる結果となった。分光器結晶の変形によるレンズ効果を評価した上で鉛直方向ビームサイズを求めると、2次元放射光干渉計による測定と矛盾の無い値となった。サイズ測定試験後に二結晶分光器を外して結晶表面の形状等を調べたところ、分光器のホルダーに結晶を取り付ける時に変形が生じることが確認された。対策として、クランプ歪みを生じないように結晶ホルダーの改良を行っ



図8 位相型ゾーンプレートを用いたX線ビームプロファイルモニター

た。

遠赤外レーザーと電子ビームとの逆コンプトン散乱による10MeV領域のガンマ線生成試験の準備を進めた。レーザー光は蓄積リング収納部内の基幹チャンネルに設置したミラーチェンバから導入する。レーザーを設置した実験ホールからミラーチェンバまでは、乾燥空気を流した中空アクリル導波管を用いて伝送を行う。2002年度中に導波管を含めたシステムの構築は終了しており、2003年度の早い時期にガンマ線の生成試験を行う予定である。

### 2）加速器診断

2001年度より整備を始めた加速器診断IIは、蓄積リング直線部に設置する挿入型光源装置やその上下流の既設偏向電磁石の端部磁場からの放射光を利用して、光源電子ビームの診断を行い蓄積リングの運転の安定化並びに性能向上に役立てること、及び高耐熱機器や高耐放射線機器を開発すること等を目的とする装置である。

2002年度は、昨年度製作した基幹チャンネル超高真空装置を蓄積リング収納部に設置し、冷却水、圧搾空気、電気配線等ユーティリティの整備、超高真空の立ち上げを行った。蓄積リング実験ホールで放射光を利用するために必要な放射線シールドハッチの建設及びPLCインターロックシステムの製作を行った。また、蓄積リングの直線部にOut Vacuum型の挿入光源装置を設置するための真空チェ

ンバと、使用目的に応じた各種の光源装置の効率的な設置・交換を可能にするための光源挿入装置等の、設計検討を行った。

また、遠赤外レーザーを用いた逆コンプトン散乱による10MeV領域のガンマ線生成を加速器診断IIで行うために、レーザーと電子ビームの相互作用領域になるべく近い所から効率よくレーザー光を導入するためのチェンバ内に可動式ミラーを組み込んだ蓄積リング真空系の一部であるクロッチェンバを設計・製作した。2003年度の夏期運転停止中に組み込みを行う予定である。加速器診断IIは挿入型光源などが設置できる長い直線部を有しており、レーザー光の高効率導入と組み合わせることにより、高強度のガンマ線生成が期待できる。

(高野/大熊)

加速器部門

運転/軌道解析グループ

大熊 春夫

## 2-2 線型加速器グループ

### (1) 運転状況

2002年における総運転時間は、昨年より100時間程長い5,543時間であった。大電力クライストロン変調器の2002年末までの累計運転時間は、ヒーターオン時間で約42,500時間、高圧オン時間で約34,900時間に達した。今のところいずれのクライストロンにもパーピアンズ低下などは観測されていない。

2002年の線型加速器では、SRへのビーム入射に支障が出るような深刻な故障は無かった。主な故障と機器の交換は、2年間使用した電子銃カソードを大気暴露したところ、エミッション電流が取れずに再使用できなくなり、新しいカソードと交換

加速管1本に冷却水漏れが発見され、夏の停止期間中に新品と交換

クライストロン1本にヒーター部の短絡がおこり、新品と交換

寿命によりサイラトロンを交換

等であった。

その他の主な改善としては、シンクロトロンへのビーム輸送路電磁石電源を、保守作業を容易にするためにシンクロトロンの入射電源室からリニアック棟のビームモニタ室に移設した。

### (2) 加速器の改良および安定化

#### 1) 入射部励振系

リニアックからシンクロトロンへのビーム入射をより安定化するため、1998年から2001年度まで以下の改良作業を行ってきた。

加速RFの位相振幅変動を抑制するために、空調や冷

却系の制御性能を見直し

ビームエネルギーの拡がりエネルギー変動を抑制するために、エネルギー補償システム(ECS)ビームパルスと2856MHz RFとの完全同期システムの導入  
ビーム軌道の制御特性を改善するために、リニアック制御系の更新およびビーム位置検出器(BPM)の増強

クライストロン励振用増幅器系の高信頼化

これらの改善によって、ビームエネルギーの最小変動量が0.01% (rms) 以下にまで小さくする事が可能となった。一方、12本のクライストロンを励振するために使用している70m導波管内でのRF位相の変動がビームエネルギーに及ぼす影響に関してはECSで補償した。この位相変動の原因は、調査の結果、導波管内のガス圧の変動によるものであった。図9は、導波管内のガス圧の変動を3 kPaから0.21 kPaに安定化することで、位相変動が18.5 deg.から4.8 deg.に抑制されたことを示す、

現在、このガス圧制御装置のさらなる高性能化を検討している。

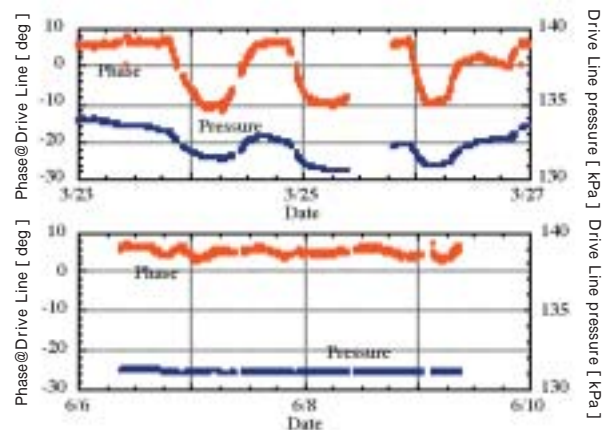


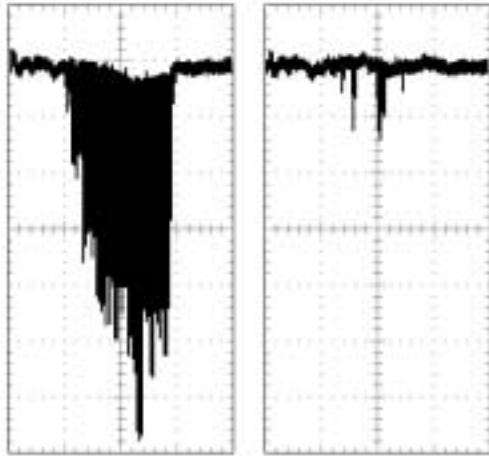
図9 励振用導波管のガス圧と終端でのRF位相  
上：ガス圧制御なし 下：ガス圧制御あり

#### 2) ビームデフレクター

電子銃から放出されるグリッドエミッションは、蓄積リングへの単バンチビームの入射の際、不要なバックグラウンドとなる。このグリッドエミッション電流を除去するために、2枚の平行電極に高電圧パルス印加しグリッドエミッションを横方向に蹴り飛ばすビームデフレクターを2001年度に導入した。しかし、その後の試験で、電子銃からのグリッドエミッションだけでなく、バンチャ空洞や初段加速管の空洞壁から発生する暗電流の一部も1GeVまで加速され、シンクロトロンに入射されることが分かった。

これらはデフレクターより下流で生成されるためデフレクターでは除去できないので、バンチャ空洞や初段加速管のRF電力を可能な限り下げて暗電流を減らし、デフレクターの性能評価を行った。

##### a) デフレクターの性能



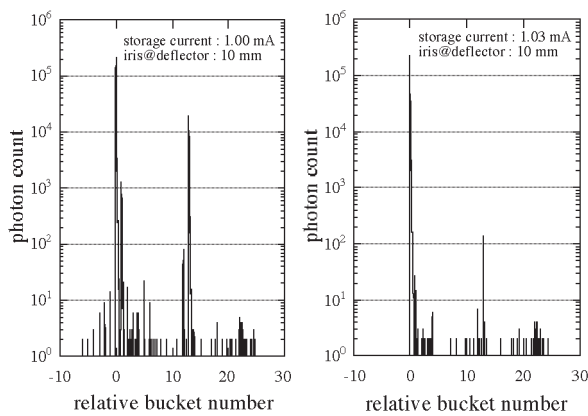
deflector off                      deflector on  
 図10 ビームデフレクターによるグリッド  
 エミッションの除去 横軸：1  $\mu$ s/div

デフレクターON,OFFでの暗電流ビームを、線型加速器のECS下流部に設置したスクリーンモニターとシンチレータ付き光電子増倍管で測定した結果が図10で、デフレクターOFF（左の図）の時、加速されていた暗電流が、デフレクターをONすることでほとんど除去されることが分かった。

b) 蓄積リングでのバンチ純度の測定

1 nsビームを蓄積し、単一のバケットの前後に溜まる微小な電荷量を、高感度な光子計数法により測定した。その結果が図11で、デフレクターを動作させないとき、目的とするバケット（バケット番号0）の前後に見られた電荷分布（左図）は、ビームデフレクターを動作させると（右図）ほとんど観測されなくなった。

今後、さらに単バンチ特性を改善するために、バンチャ空胴および加速管等での暗電流の発生機構の解明とその低減方法の確立を目指す。



deflector off                      deflector on  
 図11 SRのRFバケットに溜まる電荷の分布

3) RF電子銃の開発

RF電子銃の実用化に係わる大きなテーマの一つに、取

り扱い易く高量子効率で安定なカソードの開発がある。JASRI加速器部門では、2002年度から浜松ホトニクス株式会社と共同で、真空中で脱着可能な高量子効率カソードの開発を開始した。現在試験中のカソードは、図12に示したようなカートリッジに封入されたCs<sub>2</sub>Teカソードである。このカートリッジをRF電子銃空胴背面に取り付けた装填機構にセットし、真空中でRF空胴にカソードを着脱することができる。このような構造にすることで、高量子効率ではあるが、常時真空中で取り扱う難しさのあるCs<sub>2</sub>Teカソードを、安定な性能で使用することを可能とする。

カートリッジは装填機構レボルバーに最大4個装填が可能で、真空中でRF空胴に向かって押し込むと嘴状の金具によりカートリッジ全面のコバルトフォイルが破られ、その後背面からペローズを押しだし、先端のカソードをRF空胴に挿入して固定する。

今年度は試作品について着脱試験およびRF電界印加試験を行い、従来と同様の90 MV/mの電界に耐えられることを確認した。またRF電界中での量子効率の測定も行っ



図12 カートリッジ式カソードの試作品  
 ペローズ先端に直径7.2mmのカソードがあり、  
 リング状のRFコンタクトが付いている。

た。2003年度は装填機構やカソードを改良した後、再度試験を行う予定である。

現在使用しているRF電子銃試験装置は、最大ビームエネルギーの許可値が4.5 MeVであるためRF電子銃を出たビームのエミッタンスやバンチ長を測定することが非常に難しい。今後RF電子銃のさらなる高精度化と短バンチビームの利用方法の開拓を目指し、この試験装置に加速管1本を追加設置し、ビームエネルギーを30 MeVまで増強する改造を始めた。2003年度前半までには放射線遮蔽の拡張および加速管等機器の設置を終える予定である。

また、レーザーの性能を改善するために、クリーンルームを新設し、恒温恒湿化、防振特性の向上等を図る予定である。図13は、拡張後のRF電子銃試験装置の概略で、RF電子銃空胴を2台並べて設置する事が可能で、それらを切り替えて試験することが出来る。

加速器部門  
 線型加速器グループ  
 花木 博文



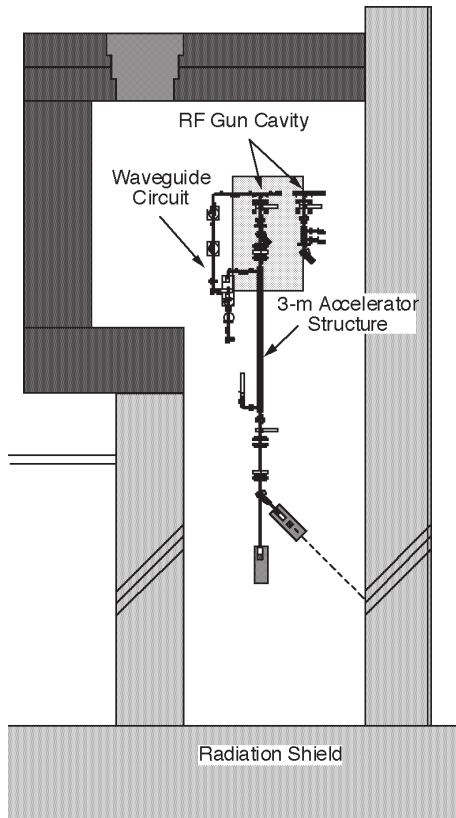


図13 拡張後のRF電子銃試験装置

### 2-3 リンググループ

#### (1) ブースターシンクロトロン

##### 1) タイミング系の更新

前年度タイミング系の更新を行ったが、さらなる機能拡張や安定性の向上をねらい、今年度も継続して一部を更新した。これまではNIMモジュール中心の回路であったが、CPLD (Complex Programmable Logic Device) を採用したモジュールを開発し、これに変更した。

##### 2) ビームプロファイル測定用OTRモニタの設置

出射ビームのエミッタンスを測定するため、シンクロトロンビームダンブラインに6台のOTRモニタを 2.65 m 間隔で設置した。ダンブラインはドリフトスペースであるため、各点での水平方向ビームサイズを観測することにより水平方向エミッタンスを見積もることができる。現在、蓄積リングで低エネルギー運転が検討されている。これに対応するため、出射エネルギーを3 GeVから8 GeVまで1 GeVごとに変えて水平方向エミッタンスを測定した(図14)。この結果、3 GeV、8 GeVでのエミッタンスはそれぞれ  $32 \pm 5$ 、 $200 \pm 29$  nmradであり、このエネルギー領域では放射損失によるナチュラルエミッタンスと誤差の範囲で一致することがわかった。

##### 3) 放射線や経年変化などによる劣化対策

運転開始から5年が経過し、放射線や経年変化などによる劣化が発生し、機器故障が心配され始めた。RF関係では、収納部内の空洞の下に設置してあった現場操作盤を収

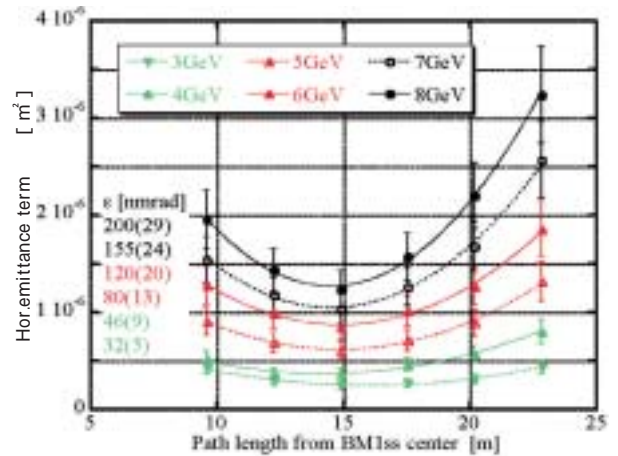


図14 各出射エネルギーにおける水平方向ビームサイズの測定結果。図中の実線と点線は最小二乗フィッティングの結果を示す。これにより求めた水平方向エミッタンスの各々の値を示す。

納部外へ移設した。またクライストロンの状態を監視するために真空度や温度のモニタを設置した。電磁石関係では、偏向、四極電磁石電源の制御基板コンデンサをすべて交換した。またこれらを含むパターン電磁石電源6台の出力モニタの整備を終えた。入出射に用いるキッカー電磁石電源5台はサイクロンを用いており、これには寿命があるので予備品を2台用意した。真空関係は収納部内にある真空機器コントローラを移設する計画を開始し、SSBTなどで一部ケーブル配線を行った。モニタ関係では単バンチ運転に重要な、RF-KOシステムで用いる高出力アンプの予備を用意し、故障に備えた。

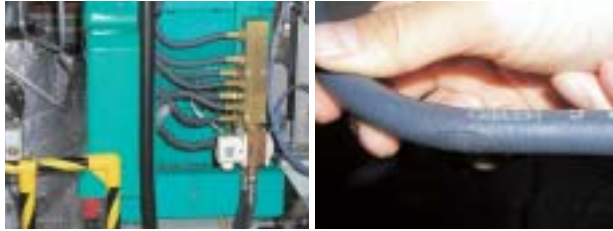
#### (2) 蓄積リング

##### 1) 四極電磁石ゴムホース破損

2001年9月に入射部のセル48の四極電磁石Q10の冷却水ゴムホースが破損したが、入射部のみの特殊事情であり、セル48Q10のみ放射線遮蔽を施し、他セルの遮蔽は実施しなかった。しかし、2003年1月31日に他セルのQ10電磁石冷却水ゴムホースが破損し(図15)、それから1.5月の間にQ7電磁石2箇所、Q10電磁石1箇所の冷却水ゴムホースが破損した。いずれも電磁石冷却水路の下から2番目に位置するゴムホースであった。破損したゴムホース部の放射線量をガフクロミックフィルムで測定したところ図16に示すように、破損部位に局所的に放射線があたっていることがわかった。Q7、Q10電磁石のゴムホースは全数交換し、現在遮蔽を検討中である。

##### 2) 四極電磁石コイルまわりの放射線

アブソーバ、クロッチからの散乱放射線により周辺の機器が放射線損傷を受けている。特に電磁石コイルが損傷を受けると蓄積リングを長期間シャットダウンしなくてはならない。そこでアブソーバ、クロッチに面した架台両端の電磁石の放射線量を2002年10月に実施した。結果を図17に



(a) 水漏れの発生状況 (b) 水漏れを起こしたゴムホース  
図15 ゴムホースからの水漏れ



図16 ゴムホース部の放射線量の測定

示す。これよりQ7,Q10電磁石コイルは $10^7$ Gy台の放射線を浴びていることがわかった。現在、コイルの健全性を保ちうる許容限界を明らかにするために放射線照射試験を計画中である。

3) 高分解能ステアリング電磁石製作

1サイクル間の数十秒ごとの電子ビーム軌道の修正のため12台（水平用、垂直用両方含む）の空芯のステアリング電磁石を製作しそれまでの12台に追加した。これにより軌道の補正もさらに細かくできるようになった。

4) 電源FFT監視システム

2001年度に製作・運用してきたB, Q, S-電磁石電源DC電

流安定度測定システムのDVM-Scannerの出力をFFT（CF360, CF5220）測定器に入力した。GPIBとLabVIEWを使って12～18入力データを取り込むソフトウェアを開発し、中央制御室からもネットワークを経由して定常的に監視することとした。夏期定期点検作業を効率よく短期間で行えることにもなった。

5) 電磁石予備電源の整備

QLP予備電源モジュールが電源室に4台常備されていたが、この内2台を他の電磁石電源予備としても利用出来る様に入力を3相AC400Vのみならず3相AC200Vでも動作できるように改造し、安全性を考慮して標準ラックに内蔵させた。また迅速な対応をするために可搬型とし高可容性を持たせ、保守通路に常備した。これは超伝導ウイグラ実験時のQ電磁石独立運転にも使われた。

6) 地盤微小変動測定装置

160mの地下に傾斜計、歪計、振動計（長周期、短周期用2種類）を2001年度設置し、2002年度では、傾斜計、歪計については1秒おきにデータをとれるように測定装置の整備をすすめ、潮汐による変動、遠地地震による20～30秒程度の長周期表面波なども捉えられ電子ビームの動きと相関がとれるようになった。また50mの深さまで数点温度計を設置し、2003年度でデータ収集系を整備する。

7) RF-Dステーション加速空洞真空漏れ

蓄積リングにはA, B, C, Dと名付けられた4つのRFステーションがある。このうちDステーションの真空度は他と比較し2ないし3倍程度悪く、その原因を調査してきた。真空漏れ等は見られず、また残留ガス分析装置による測定でも水素ガス以外はほとんど検出することができなかった。

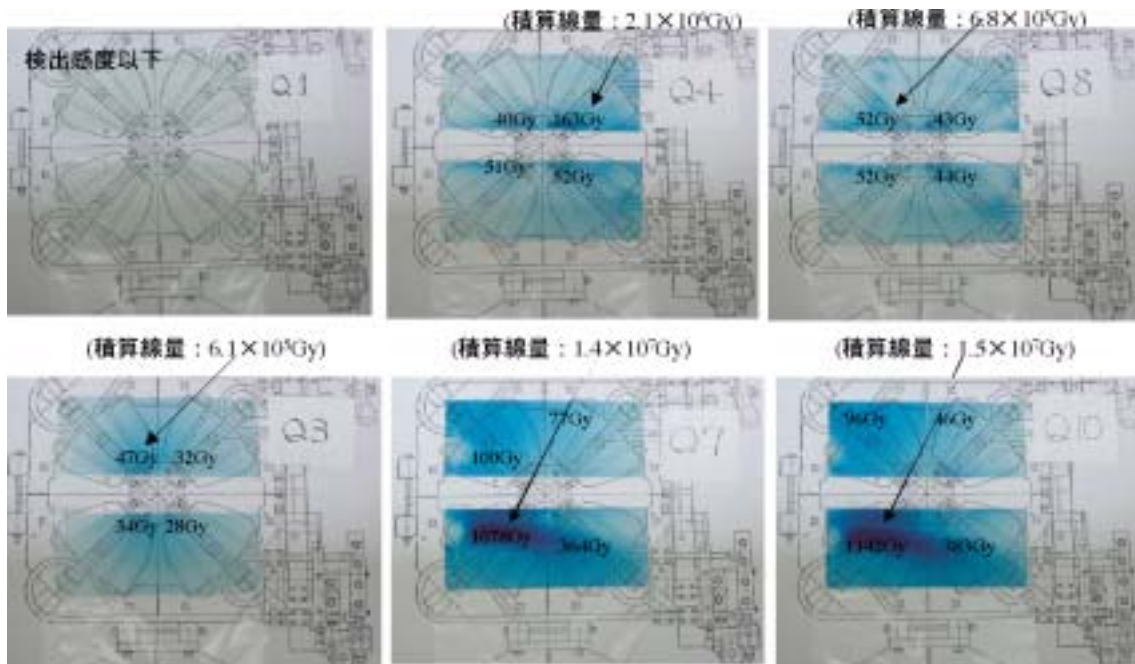


図17 架台両端電磁石の放射線量

このような事情から、真空排気を行っている3台のノーブルポンプの能力低下と推定し、ポンプを交換しベーキングを行った。ベーキング直後、一台の加速空洞から真空漏れが発見され、他の空洞に異常は全く無かったので、真空漏れが発生した空洞を予備機に交換し、再度ベーキングを実施した。この結果、次々と他の空洞にも真空漏れが発生し、真空漏れ箇所がどれも全く同じところであった。空洞製造に際し、空洞本体部は銅の部品を精密に内面加工した後、お互いの部品を電子ビーム溶接で接合している。接合後、本体にチューナーポートを取り付けるため電子ビーム溶接部を削り、再度電子ビーム溶接で接合した。この二度にわたる電子ビーム溶接部の重なった箇所から真空漏れが発生していた。予備機は2台しか用意していなかったため、真空漏れを防ぐ溶剤を空洞それぞれの漏れている箇所に塗布し2003年度の夏まで運転することにした。他の3ステーションの加速空洞は拡散溶接で製造されており、この問題は発生していない。Dステーションの加速空洞8台全て、2003年度の夏、拡散溶接で新規製作する加速空洞に置き換える予定である。

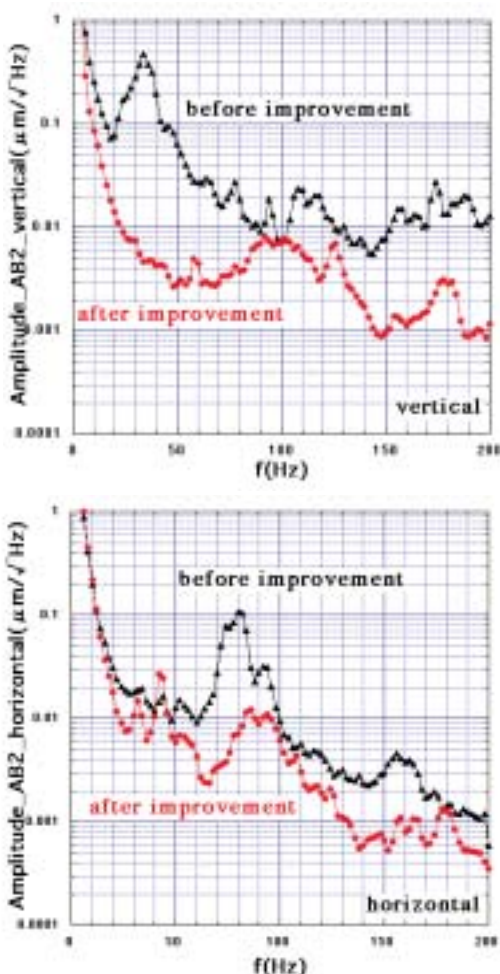


図18 アブソーバ2の振動 左図は鉛直方向、右図は水平方向、黒線は改造前、赤線は改造後

#### 8) 真空チェンバ振動対策

昨年までの研究・調査で、真空チェンバの振動が電子ビームの振動を誘起していること、真空チェンバの振動源は主に冷却水であることがわかり、真空チェンバの振動対策として、下記を実施した。

- a) 最も大きな振動発生源であったアブソーバ2の冷却システムを改造し、アブソーバ2の冷却水流量を下げ、流量調整に用いていた弁をボール弁からニードル弁に交換、配管接続に用いていたエルボを、曲げ半径の大きなベンドに交換した。また、アブソーバ2に支持装置を追加した。
- b) アブソーバ3の冷却システムの改造し、配管サイズを1/2インチから3/4インチに大きくし、冷却水の流速を下げた。また配管サポートを追加した。
- c) 四極電磁石Q8上流に真空チェンバの支持装置を追加した。

以上の改造により真空チェンバの振動を低減することができ、電子ビームの振動も低減できた。図18は、アブソーバ2の改造前後の振動を比較したものである。

#### 9) 放射線損傷対策

2002年3月、フォトンダクトゲート弁シリング部の圧空配管の樹脂製継ぎ手が放射線損傷で破損・交換した。恒久対策として、蓄積リングで用いている全自動弁の圧空シリング部のシンフレックス配管と樹脂製継ぎ手を金属配管と金属製継ぎ手に交換した。

その他、前年度に引き続き、放射線で損傷した真空計のケーブルの交換と、遮蔽を実施した。また、放射線に強い真空計ケーブルの研究を実施した。

#### 10) ベローズ保護カバー取付

蓄積リングの真空チェンバに取り付けられているベローズは2/3がアルミ製であり、衝撃に弱い。過去2回、誤って治工をベローズに当て、チェンバの交換を行った。

本年度、アルミ製ベローズにアルミ製のパンチングプレート製の保護カバーを取り付け、損傷防止を行った。

#### 11) チェンバ改造

本年度、真空チェンバの改造として、下記を実施した。

- a) 赤外線ビームライン (BL43IR) 用ミラーを交換した。既存のミラーからの改造点は、下流のアブソーバからのコンプトン散乱をミラーに入れないようにするコンプトンシールドの追加である。この改造に合わせ、インターロックを強化し、コンプトンシールドやミラーにX線が照射し、温度が上昇した場合、前置アブソーバを閉めて、温度上昇を防ぐようにした。
- b) セル48にバンブ電磁石用のセラミクスチェンバを据え付けた。
- c) 超伝導ウィグラ据付のために、セル5の挿入光源用直線部の改造とウィグラ撤去にともなう復旧を実施した。

#### 12) 10T超伝導ウィグラによる高エネルギー放射光発生実験

加速器部門では、ロシアのBudker原子核研究所と共同

で、強磁場によるMeV領域放射光の発生とその応用の可能性を探る試みを1995年から続け、10T超伝導ウイグラを既に製作していた。2002年8月このウイグラを蓄積リングの5セル直線部に設置し、9月と11月の二度にわたって、実際に高エネルギー放射光を発生させるためのビーム試験を行った。今回の試験では、放射線管理上の問題から、発生した放射光をマシン収納部外に出すことはできなかった。また、放射線防護および機器に対する熱負荷低減の観点から、蓄積電流値の上限を1mAに設定した。ウイグラを励磁した状態でビーム入射が可能（放射光利用を実現する上で重要な要因となる）であることを確認した後、ベータatron・チューン、水平ビームサイズ、バンチ長などの電子ビームに関する基本パラメータを、ウイグラ中心磁場強度を変化させ、各励磁量において測定した。これらの測定結果は、事前の磁場測定から計算される値とよく一致した。ウイグラのビームに与える効果を把握することができたので、ウイグラによる高エネルギー放射光の利用計画を検討中である。

#### 加速器部門

#### 円型加速器グループ

米原 博人

#### 2-4 制御グループ

SPring-8の制御システムフレームワークは、各種機能が新たに追加され、SPring-8のみならず広島大学HiSORにも導入されるなど適応性のあるシステムとして充実してきた。これを機会に、このシステムを、MADDOCA (=Message And Database Oriented Control Architecture) と命名し、SPring-8の加速器、ビームライン制御の標準システムとしての名称とした。

#### (1) 線型加速器制御

モジュレータ制御用PLCは商用200V系電源から直接給電されており、瞬間停電時にシステムダウンが発生する可能性があった。PLCがダウンすると遠隔からモジュレータ状態の確認が出来なくなってしまうため、PLCの電源モジュールを交換してCVCF系100Vから給電するように変更した。また電源等の機器の移動に伴い、入射パルス電源室のVMEをビーム測定室に移動した。

線型加速器制御系の更新が2003年度に予定されているため、2002年度は更新に向けてR&Dをいくつか行った。一つ目はVME光伝送I/Oボードの開発である。これは2001年度に線型加速器のビームポジションモニター読み出し系のために開発・整備された光伝送ボードを、互換性を保ちつつ発展させたものである。光伝送ボードは1:4のマスター・スレーブ構成で、マスター・スレーブ間を光ファイバーケーブルで接続する。機器との入出力を行うスレーブボードとして、2002年度には新たに3種類の入出力ボードを

開発した。この光伝送ボードを採用することでVME計算機をノイズ源であるモジュレータから離すことが可能となり、より高い安定性の実現が期待できる。二つ目はネットワーク接続型のパルスモーターコントローラーの開発である。ネットワーク経由での遠隔制御だけでなく、現場でもタッチパネルで制御が可能であり、メンテナンス性の向上が期待できる。またこのコントローラーは、ある特定のシーケンスをコントローラー側で実行可能なインテリジェントタイプである。三つ目は新しいコネクタボックスの製作である。コネクタボックスは機器からの信号ケーブルをコネクタ受けして、計算機の入出力ボード側へ渡す役目を担う。今回の光伝送ボードの採用に合わせて、よりメンテナンス性や拡張性に優れたものに置き替えることとなった。現状の信号ケーブルコネクタとの互換性を確保し、信号のアイソレーションを強化し、かつ新規の信号追加に対応可能なことなどを考慮した。試作器の製作を通して、本年度は2台のコネクタボックスを製作した。いずれの開発項目とも性能面、機能面で問題のないレベルに達している。

#### (2) シンクロトロン制御

クライストロンの真空度や部屋の温度、湿度をモニターするために、シンクロトロン棟クライストロン室にVMEを1台設置した。これにより異常時の判断を的確に行えるようになった。

#### (3) 蓄積リング制御

機器制御用VME計算機のCPUボードとそのOSについて、従来のHP9000/743rt+HP-RTからIA32アーキテクチャのCPUボード+Solarisへの移行を順次進めている。2002年度は、蓄積リング真空機器制御用VME5式とBPMデータ収集用VME4式の計9式について Advme8001 (PentiumIII 600MHz) +Solaris 8への交換を行った。またCPUボードとOSの交換に併せて、制御用アプリケーションソフトウェアの移植も行った。移行後も移行前と同等の機能を問題なく実現している。真空関連のベークン作業時やメンテナンス時など、必要なデータを必要な時間だけデータベースに取り込み、アラーム監視等を行うことが出来るような一時的データ収集システムが必要となり、これを整備した。真空系のベークン作業時および電磁石電源の出力値モニターなどに応用された。

#### (4) 中央制御系

##### 1) 計算機系

加速器制御用端末を更新し、トータルで約4倍のCPUパワーを確保したことで今後予想

される計算量の増加に対応できる構成とした。加速器運用用計算機で用いるGUIプログラム等のファイルは、ファイルサーバー（後述）において一括に管理している。

## 2) 制御用ファイルサーバーの高可用クラスター化

これまでファイルサーバーは、ディスクにホットスワップ付きのRAIDシステムを用い、計算機本体の障害時には別途バックアップのセットを立ち上げて、手作業にて切り替える構成であった。この場合、計算機入れ替え時にダウンタイムを生じて加速器運転への影響が懸念される。また、ホットスワップ付きRAIDではコントローラの異常には対処できず、ディスクやネットワークも多重ではないレベルとなっていた。運転操作を行なうワークステーション端末は、ファイルサーバー上の同一プログラムをいずれの計算機でも実行可能であり、端末に問題を生じた場合でも他の端末で代替が可能である。一方、ファイルサーバーに障害を生じた場合は、運転用の全端末や制御用VME計算機などへ影響を及ぼす事になる。そこで、このファイルサーバーの可用性を高め、障害時のダウンタイムを最小限とするために、データベースサーバーと同様の高可用クラスター化を行なった。クラスターとは2台のサーバーがデータのディスクシステムを共有した接続であり、それぞれ常用系と待機系となっている。常用系での運用が不可能になった場合、自動的に直ちに待機系に切り替わる。またディスクシステムや各インターフェースはそれぞれ二重化し、単体での可用性を向上した。システムは、シングルCPU、512MBのベーシックレベルのサーバーを採用した上で、インターフェースの多重化とディスクの拡張性を確保した構成とした。

## 3) 蓄積リング収納部監視システムの放射線対策

昨年度整備した蓄積リング収納部監視システムに、放射線対策を主とした改造を加えた上でCCDカメラ台数を増設した。これにより監視カメラの台数は24台になり、蓄積リング2セルあたりに1台の配置となった。昨年度の運用経過から、特定のカメラ位置場所で放射線による障害を生じる事が分かったため、今年度はマシンスタディタイムを利用した放射線バックグラウンド測定を行い、放射線障害を回避できるカメラ配置を絞り込んだ。加速器1セル内で短い距離間隔にガラス線量計を配置して測定を行い、カメラを配置する内周通路側の壁面で、偏向電磁石1正面から偏向電磁石2の下流側に掛けて放射線が強い事を確認した。また、そのピークがクロッチ1、2、アブソーバー3、4のほぼ正面であり、これらが内周通路側の壁面に対して強い放射線ソースであると判断できた。

これをもとに夏期停止期間中に、監視カメラの取り付け台の移設工事を行ない、カメラが放射線の影響を受けにくい配置に変更した。同時に、既設の監視カメラ取り付け台24ヶ所全てにカメラを設置して運用を開始した。

## (5) ネットワーク

中央制御室のネットワーク用19インチラックの移設に伴

い、メンテナンス性の向上のため制御室フリーアクセス床下にネットワーク用のケーブルラックを布設した。また、ネットワークの信頼性向上のためスイッチングHUB 3台を電源および管理モジュールが二重化された高信頼性スイッチングHUBの1台に集約した。

線型加速器の機器配置変更と来年度の制御系更新に伴い、ビーム測定室とクライストロン準備室にネットワークを整備した。制御機器室からモニター室1までの配線経路を確保することと、中央制御室から制御機器室までのネットワークを整備することで将来のTop-up運転に対応できるようになった。蓄積リングデータ収集系ネットワークを整備するため、ネットワークノードとしてITVシステムで立てた19インチラック内にネットワーク機材を配置して、保守通路に置かれたデータ収集用のステーションから100m以内に各収集ポイントが存在するように構成した。

## (6) データベースシステム

2002年度の運用中のトラブルとして、主データベースサーバーでSCSIインターフェースのエラーによる機器交換と、クラスターフェイルオーバー時のトラブルで2時間停止した他は順調に稼働した。

2002年度には534の機器と582点の信号がデータベースに追加された。アーカイブデータベースは約65GBのデータを蓄積した。

本年度から分散データベースの研究を開始した。現在は1つのクラスター計算機でアーカイブも含めて全てのデータを管理している。これはデータベースを一元的に管理できる点では都合がいいが、クラスターの主サーバーがダウンして、復旧(フェイルオーバー)するとき、データベースサイズに比例して運用継続に時間がかかる。データベースサーバーには分散機能があることから、SPRing-8の場合、アーカイブデータベースを別のサーバーに分散させれば、フェイルオーバー時間の短縮ができることがわかった。本年はこの分散データベースの基礎研究をおこない、サーバー計算機を導入した。本格的な投入は来年度になる予定である。この分散機能により、将来的には高速書きこみ専用のサーバーを導入するなど、さらに機能を強化できる予定である。

加速器とビームライン制御系のアラームに関して、基準の見直しが行われた。このため、新アラーム方針の実装をするために、アラーム閾値や各ビットアラームについて大幅な見直しをおこなった。データベースの利用により、変更・移行作業は順調におこなわれた。

新COD\_BPMテーブルを実装した。COD BPMについては現在までは、4電極のデータをビームの位置データに翻訳し、処理されたCODデータしかデータベースに保存されていなかった。それを生の電極データ(電圧)もデータベースに入れるように追加した。

## (7) 広島大学HiSORとの協力

SPring-8の標準制御システムであるMADDOCAを、広島大学の放射光施設であるHiSORに適用するプロジェクトを開始した。装置の規模や使用するコンピューター(SPring-8はHP-UX,HiSORはLinux)がかなり異なるシステムであるが、MS、AS、EM、CI、GUI、Poller/Collector収集系などのMADDOCAの中核をなすフレームワークソフトウェアは問題なく移植され、動作できている。また、汎用のデータベースサーバーとSPring-8に使用したスキーマを使用することにより、機器の違いはほとんど問題にならずにHiSORにも応用できた。ロギング用オンラインデータベースにデータをかきこみ、Webで参照するところはSPring-8のアプリケーションプログラムをほとんど書換えることなく適用できている。

## 発表等

- [ 1 ] A.Yamasita and T.Ohata : Using RDBMS for Accelerator Operation Assistance, WAO 2003, KEK, Japan, 2003.
- [ 2 ] M.Kodera and T.Fukui : A Video Monitoring System for SPring-8 Accelerator Tunnel. WAO 2003, KEK, Japan, 2003.

加速器部門  
制御グループ  
田中 良太郎