

## 動向

## SPring-8 蓄積リングのコミッショニングの状況

熊谷 教孝 (財)高輝度光科学研究センター放射光研究所加速器部門)

## 1. コミッショニングの経過

平成9年3月13日より、シンクロトロンから蓄積リングへの電子ビームの取り出し調整を開始し、翌14日には蓄積リングで電子ビームの一周の周回軌道をビーム位置検出器によって確認した。図1は初めて電子がリングを一周した時の軌道である。その後、リングのオプティクスの調整等を経て3月25日にはrf捕獲に成功し、同日午後10時20分、ビーム電流 $50\mu\text{A}$ で初めて蓄積を開始し、翌日午前8時30分にビームを廃棄するまで周回し続けた。翌26日にはBL02B1の偏向

電磁石用ビームラインのフロントエンド部に放射光を通し蛍光板で放射光を初めて観測した。その後、蓄積リングの各種パラメータとOFF axis入射の調整と放射光による真空機器の焼き出しを行い、4月17日には $19.6\text{ mA}$ の蓄積電流を実現した。4月23日には真空封止型アンジュレーターと偏向電磁石用ビームラインのフロントエンドまで放射光を通し、光の安定度、真空度等を測定した。4月25日現在で得られているビーム性能を表1に示す。ビーム電流 $19.6\text{ mA}$ は第一ステップでの放射線申請書の値( $20\text{ mA}$ )を実現するもので、

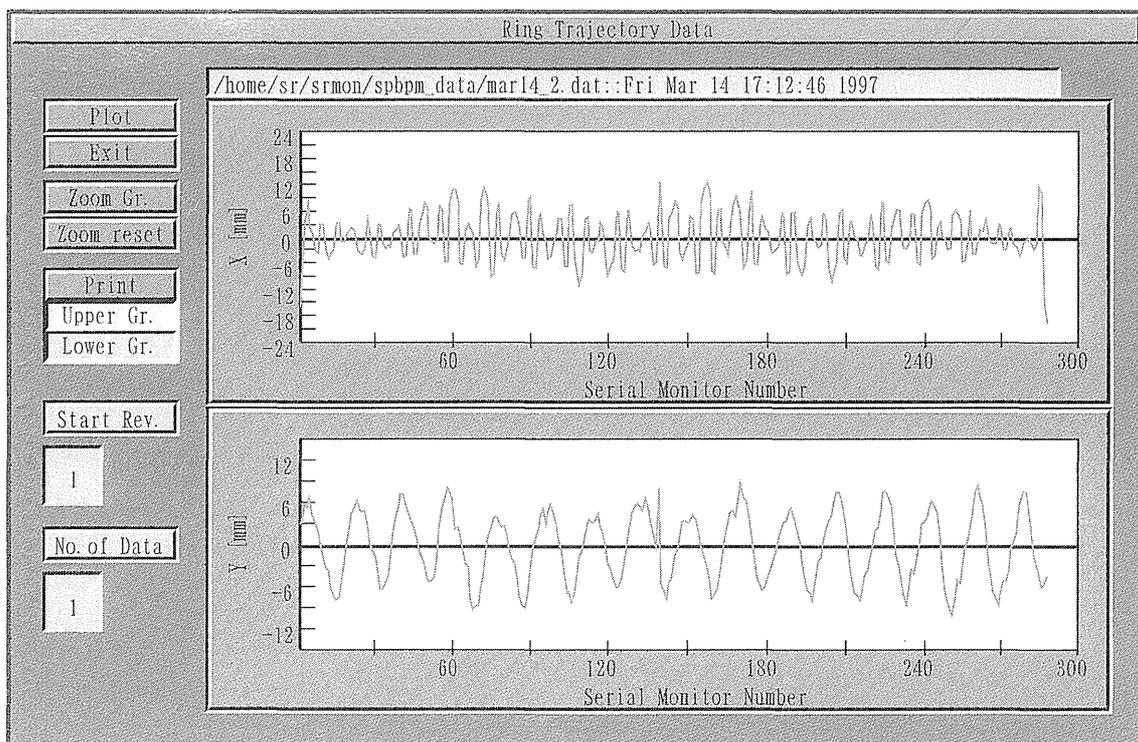


図1 first turn orbit

表1 4月25日現在のビーム性能のまとめ

・シンクロトロンからの入射効率	~90%
・水平, 垂直方向の COD の rms 値 (両方とも)	~0.3 mm
・水平方向のビームエミッタンス (スクレーパー方式で)	~10 nmrad 以下
・ $\nu_H, \nu_V$	51.22, 16.30
・ビーム寿命	20 mA で~4 時間

今後は電子ビームの寿命の改善に向けて, 放射光による機器の焼きだし作業を進める。

## 2. 電子ビームの性能

### 2.1 閉軌道のずれ (COD)

蓄積リングの最初の COD の大きさは水平方向, 垂直方向ともに±5 mm 程度と小さく, これは電磁石のアライメントの結果から計算した COD の大きさとほぼ一致する。この小さな COD のためステアリング電磁石による軌道補正をすることなく 6 極電磁石を ON し, かつ rf 捕獲による電子ビームの蓄積をする事ができた。又軌道補正に必要なステアリング電磁石の台数も少なく, おおよそ 20 台程度で水平, 垂直ともに 0.3 mm 程度の rms 値に COD を補正する事ができた。その結果を図 2 に示す。

又, 蓄積リングの実際の周長に対応する rf 周

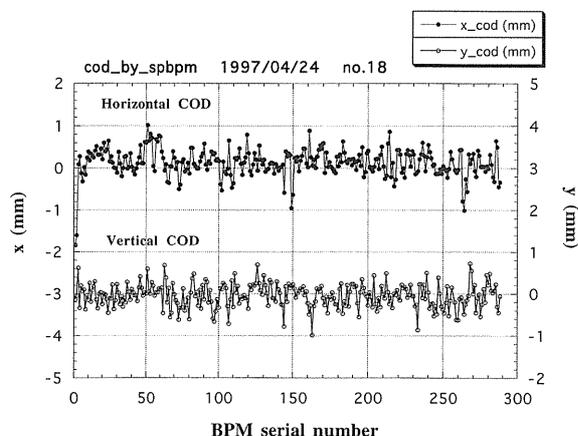


図2 ステアリング電磁石を用いて補正された後のリング一周の COD 軌道, 上が水平方向, 下が垂直方向で rms 値は共に~0.3 mm 程度

波数は, アライメントの結果から予想された 508.579360 MHz に対して 508.579343 MHz と  $10^{-7}$  のオーダーで一致していた。これらのことから蓄積リングの電磁石のアライメント精度が非常に高く, 今後のビーム性能の改善がより易しくなったと言える。

### 2.2 ビーム入射効率

OFF axis 入射時で, 入射毎の電子ビーム入射効率をシンクロトロン側と SR 側に設置してあるビーム電流検出器 (DCCT) を用いて測定した。その結果, 全てのビーム電流値で入射効率は 80~90% を示した。又入射されたビーム強度をビーム位置検出器の 4 個のボタン電極の電圧の和をターン毎に求めた結果が図 3 で, 20 m 秒まで 95% 以上が生き残っている事が分かる。これらの結果から, シンクロトロンからのビーム入射時間の短縮 (シンクロトロンから 10 mA 入射されれば 20 mA 蓄積するのに要する時間は約 8 秒程度となる) と入射時のビーム損失による実験ホール内への立ち入り制限 (今後詳細な放射能線量の測定結果を待たなければならないが) の解除が可能となるであろう。

### 2.3 ビーム強度, ビーム寿命と真空度

蓄積リングの真空系は分布型のイオンポンプ (DIP) と分布型の非蒸発型ゲッターポンプ (NEG) で構成され, ビームのない状態で  $10^{-8}$

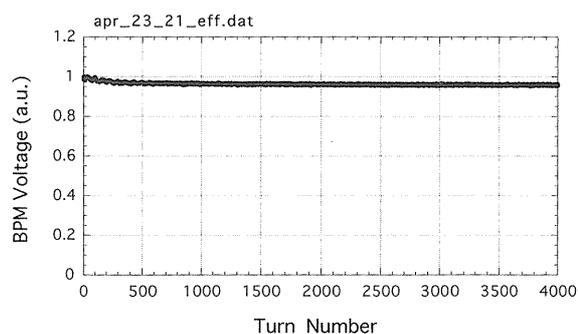


図3 蓄積リングへ入射後約4000ターン (20 m 秒) までのビーム生き残り率

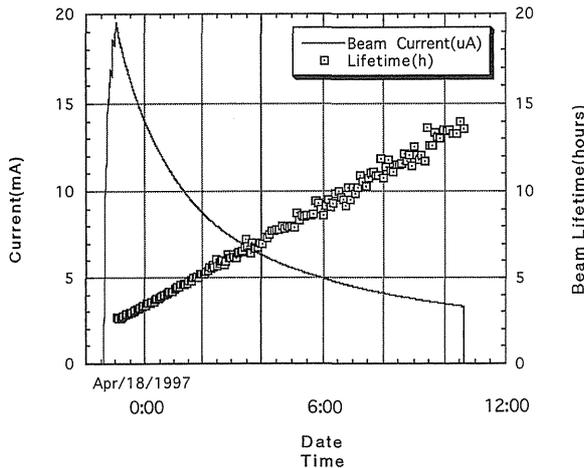


図4 19.6 mA 蓄積時のビーム電流の時間変化，入射後の寿命は3~4時間，10時間後で約12~13時間

パスカル程度が実現されている。3月25日のrf捕獲以降，放射光がクロッチ・アブソーバ表面に照射される状態となった。3月25日時点では50  $\mu$ A の蓄積電流でリング内の真空度は $10^{-5}$ パスカル程度に悪化したものが，その後の放射光による焼き出し（4月24日現在のビーム電流積分値0.6 Ahr）により約20 mA で $10^{-5}$ パスカル程度に改善されている。図4に19.6 mA 蓄積後のビーム電流とビーム寿命の時間変化を示す。今後20 mA で200時間程度の放射光による焼き出しで（積分値で4 Ahr程度），蓄積電流20 mA で10時間以上の寿命を実現できると見込んでいる。ちなみに4月24日現在では，5 mA で15時間程の寿命となっている。

#### 2.4 高周波加速システムとタイミング系

蓄積リングには3ヶ所（B, C, D）のrfステーションに計24台の加速空洞が設置されている。コミッション当初，軌道パラメータが最適化されていない事もあり1ステーション当たり5 MV，計15 MVの加速電圧で運転していたが，rf周波数やシンクロナス位相等，パラメータの最適化にともない12 MVで運転を行っている。

この運転条件でビーム電流20 mA まで，ビーム寿命が短くなるような影響は全く見えていない。又，この時のクライストロンの出力が各ステーションともに400 KW程度で定格の1 MWに対してかなり余裕がある事から，当面挿入光源の設置に対しても電力的な問題は生じない。蓄積リングへのビーム入射に関しては，蓄積リングの2436のrfバケットの任意のバケットアドレスにビームを入射できるようにタイミングシステムが作られている。現在は入射器から1  $\mu$ secの長さのビームが蓄積リングへ来ているため，入射先頭アドレスを決めビーム蓄積を行っている。この状態でビームモニターを見る限り，同じ位置にビームが積み上がっている事が確認された。又任意のバケットアドレスを指定して入射蓄積できる事も確認した。今後入射器からシングルバンチビームを打ち込み，同じアドレスに入射蓄積できている事を最終確認し，早い時期にマルチバンチユーザーとシングルバンチユーザーが共存できる，a few bunches, 20 mA の運転モードを目指す予定である。

#### 3. 今後の予定

当面6月中旬の放射線発生装置使用時の検査に向け，蓄積リング真空系の放射光による焼き出しによるビーム寿命の改善とCOD，運動量分散関数，入射効率の詳細な調整を実施するとともに，放射光を用いたビームライン機器（当面，ID1本，偏向電磁石1本）の調整とこれら機器の焼き出し作業を行う。更に使用時検査後，10月の供用開始に向け電子ビームの軌道振動およびエミッタンスの測定，単バンチ運転およびトップアップ運転等のサーベイを実施する。又，これらの作業と平行しての収納部周辺での漏洩放射線線量の測定を放射線遮蔽の観点から，より精密に行う予定である。