

STATUS OF SYNCHROTRON RADIATION FACILITY SAGA-LS

Shigeru Koda¹, Takatada Iwasaki, Yuichi Takabayashi, Tatsuo Kaneyasu

Saga Light Source

1-1 Myavenue, Mycity, Myprefecture, 001-0001

8-7 Yayoigaoka, Tosu, Saga, 841-0005

Abstract

Improvement and development of an accelerator have been proceeded in parallel with stable supply of synchrotron radiation at SAGA Light Source. An APPLE-II undulator was installed to a long straight section LS3 of the storage ring in November 2008. A field correction system for the undulator was developed to compensate the field components of dipole, normal and skew quadrupoles. A port to introduce laser light for laser Compton experiment was installed as a beam line BL1. Design of a superconducting wiggler is under progress and is going to install until March 2010.

放射光施設SAGA-LSの現状

1. はじめに

放射光施設SAGA Light Source (SAGA-LS)では2008年夏に建設面積比にして約1.4倍の建屋増築工事が行われた。拡張された実験ホールではビームラインの新設、移設が進んだ。図1に実験ホールの現状を示す。立ち上げ中も含めユーザー用ビームラインは8本となった。拡張工事に伴う長期シャットダウン後、加速器運用は定常的な運転サイクルに戻り、現在安定にユーザーに放射光を提供している。

SAGA-LS加速器グループではユーザー運動を行いつつ、既設加速器のさらなる安定化、性能向上及び挿入光源等の新規開発を継続的に進めている。本報告では2008年増築以降のSAGA-LSの状況、進展及び今後の計画について報告する。

2. 進展及び現状

2.1 蓄積リング

開所以来段階的にユーザー運動の蓄積電流増大を行っている。入射蓄積スタディ、蓄積リング熱負荷調査及びビームライン光焼きだしをすすめ、2008年

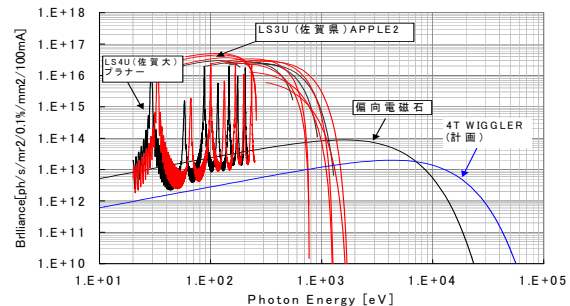


図2 SAGA-LS放射光スペクトル

8月に150mAから200mAに、2009年1月に250mA、6月には300mAに達した。その後加速時に蓄積リングRF反射インターロックが頻発し、一時的に250mAとしたがRF系の低レベル系の交換、運転条件の変更で7月末現在安定に300mA運転を行っている。

光源スペクトルを図2に示す。光源としては偏向電磁石、プラナーアンジュレータLS4U (佐賀大)に加えてVUV-SX領域の高輝度可変偏光光源としてAPPLE-II^[1]型アンジュレータが加わった。光子エネルギー35eV~1keV (含7次)、周期長72mm、周期数28、最小/最大ギャップ30mm/200mmである。現状を図3(左)に示す。片持ち式C型構造にAPPLE-II磁石



図1 実験ホール現状(2009年7月)。図中BMは偏向電磁石光ライン。

¹ koda@saga-ls.jp

列を配置したものである。設置する長直線部LS3は空間的制約が大きく、設計では特に軽量コンパクトであることが考慮された^[2]。設置は2008年末に行った。アンジュレータを3分割しLS3上部ハッチから降ろし、現場で組み上げ後真空ダクトを設置した。設置の制約のため国内の中大型蓄積リングとしては例外的に梁がリング外側配置となった。2009年1月末立ち上げ調整のため初めてBL11にアンジュレータ光を導入した。これと並行してAPPLE-IIの電子ビームへの影響を調査した^[3]。

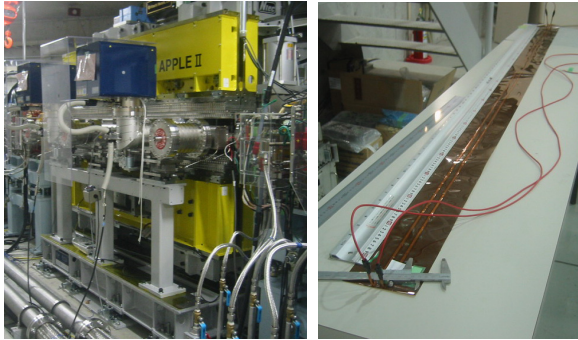


図3 APPLE-II (左) とスキュー補償コイル(右)。

APPLE-II 設置に伴い、蓄積リングのベータートロンカップリング制御の高度化を進めている。蓄積リングの動作点が差共鳴 ($|v_x - v_y| = 0.029$) に近く、カップリングはスキューに敏感である^[4]。またチューンシフトのカップリングへの寄与も無視できない。そのためAPPLE-II及びLS4Uに対し、ギャップ依存のダイポールに加え、4極とスキューの補償を行うシステムを開発した。アンジュレータスキュー補償用磁石として、BESSYのマルチポール補償用コイル^[5]を参考に大幅に単純化し非常に簡便低コストなものを開発した。コイルを図3(右)に示す。カプトンシートに銅テープを固定したものである。これをアンジュレータダクトに上下対称に固定した。 $dBx/dx/I \sim 2.3 \times 10^{-3}$ T/m/A程度の能力があり、30%のカップリングが制御可能である。このスキューコイル及び既設スキュー磁石SFX13^[6]によって各アンジュレータ及び蓄積リング本体のスキューを独立に制御することが可能となった。スキュー補償コイルの強度決定は、SR干渉計^[7]の手法によるビームサイズモニター^[8]から得られた垂直ビームサイズのギャップ依存変動が抑制されるよう決定した。現在

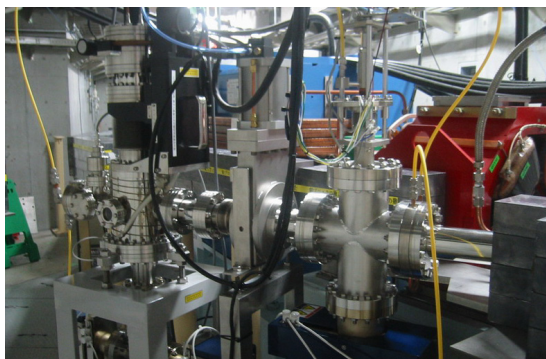


図4 レーザーコンプトン実験用ビームラインBL1

APPLE-II プラナーモードおよびLS4Uについて補償値が決定され、ギャップ依存のビームサイズ変動は1/20程度に抑えられている。

アンジュレータ設置と並行して蓄積リング入射部下流にレーザーコンプトン実験用レーザー導入ポートラインBL1の建設を行った(図4参照)。BL1基幹部、下流レーザー導入用真空チャンバー及び基幹部インターロックシステムの設置を行い、光焼きだしを終了した。現在レーザーコンプトン実験の準備を進めている。またビーム強度制御、長直線部実効アパーチャサーベイ等を目的に2009年6月に長直線部LS6にビームスクレーパーの設置を行い、真空立ち上げ、真空ダクトの光焼きだしを行った。

2.2 リニアック

継続的に行っていた入射用リニアックの計算機制御化が進み、電子銃、クライストロンモジュレータ、位相器の個別計算機制御化が終了した(図5参照)。現在これらの制御系の統合を進めている。これまでに、電子銃関連機器一括立ち上げ、蓄積リングへの入射開始/終了手順の自動化が実現した。入射開始/終了については電子銃、ゲートバルブ、クライストロンモジュレータ及び蓄積リングセパタム、キッカーの連動が自動化されている。これによりリニアックの定型操作は手順が大幅に減少し、ユーザー運転のみならず、入射を伴うマシンスタディにおいても作業効率が大きく向上した。



図5 リニアック制御計算機。ディスプレイ左より、電子銃個別制御、モジュレータ電源個別制御、入射連動制御。背後はマニュアル操作用既設制御盤。

3. 運転

3.1 運転実績及びマシンアポート

加速器の運転は、月曜マシンスタディ、火曜～金曜ユーザー運転のサイクルで定期的に行われている。ユーザー運転時間は入射調整時間を除き10時間/日である。また必要に応じて低頻度ではあるが24時間運転も行われている。

2008年度の加速器運転実績を図6(上)に示す。ユーザー運転時間は例年実績(～1500時間)に比べ減少し1040時間であった。これは前述の増築工事に伴う5-7月のシャットダウンが原因であり、2006年開所以降最小となっている。

ユーザー運転における開所以降の加速器アポート

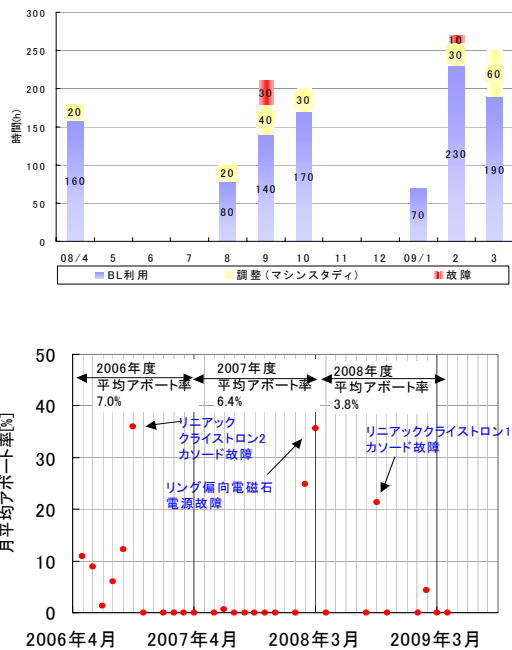


図6 2008年度運転実績(上)及び開所以来のアボート率(下)

の状況を図6(下)に示す。図ではアボート率=運転中断時間/ユーザー運転実施時間としている。開所以降年平均アボート率が 10^{-2} オーダーで推移しているのはクライストロン、電磁石電源といった大型システムの単独の重故障が年1回程度発生しており、復旧に集中して数日かかることによる。

3.2 ビームライン

ユーザービームラインの運用、計画状況を表1に示す。2008年にBL18(ニコン)、2009年にBL10,11(佐賀県)、BL6(九大)が建設された。BL11はこれまで利用希望が集中してきたハードX線偏向電磁石光ラインBL15の利用負荷分散を目的としている。ユーザービームラインは現在8本であり開所時に比べ倍増した。これらに加え超伝導ウィグラー(後述)用のビームラインBL7の建設が決定しており、現在設計が進められている。

表1 SAGA-LSビームライン

BL	光源	光子エネルギー	実験手法	所属	状況
BL06	偏向電磁石	30eV-1200eV	XAFS,SAXS	九州大	立上
BL07	超伝導ウィグラー	4.2keV-37keV	XRD,XAFS	佐賀県	設計
BL09A	偏向電磁石	白色(>3keV)	LIGA	佐賀県	運用
BL09B	偏向電磁石	10eV-50eV	光励起	佐賀県	運用
BL10	APPLE2アンジュレータ	30eV-1200eV	PEEM, ARUPS	佐賀県	立上
BL11	偏向電磁石	3keV-23keV	XAFS,SAXS	佐賀県	運用
BL12	偏向電磁石	40eV-1500eV	XPS,XAFS	佐賀県	運用
BL13	フラナーアンジュレータ	15eV-600eV	ARPES	佐賀大	運用
BL15	偏向電磁石	3keV-23keV	XAFS,XRDイメージング	佐賀県	運用
BL18	偏向電磁石	~92eV	照射、多層膜反射	ニコン	運用

4. 今後の計画

2010年春設置を目標に現在超伝導ウィグラーの開発を進めている^[9]。図7にウィグラーの基本構成を示す。3極ウィグラーで、メインポールを超伝導(4T)、軌道補償用サイドポールを常伝導電磁石(1T)としたハイブリッドタイプである。ビームエ

ネルギー1.4GeVに対し臨界エネルギーは5.2keVである。マンパワーを含めた維持コストの軽減及び安定運転を目的とし、定常運転時液体ヘリウムを使用しない、小型GM冷凍機による直接冷却方式となる予定である。

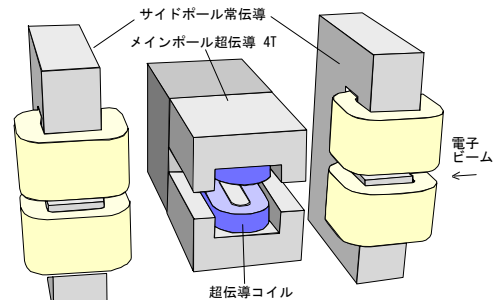


図7 計画中の超伝導ウィグラー

5. まとめ

SAGA-LSでは安定な運転を行いつつ、新たな光源としてAPPLE-IIを設置し、これに伴うカップリング補償系を開発した。またリニアックの計算機制御化、レーザーコンプトン用ビームライン建設を行った。現在超伝導ウィグラーの開発を進めている。今後、ウィグラーによる高エネルギー光子の安定な提供を実現し放射光源としてのさらなる性能向上を進める。

参考文献

- [1] S. Sasaki, "Analyses for a planar variably-polarizing undulator", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A347, 83-86, 1994
- [2] 江田他, "SAGA-LSにおけるAPPLE-IIアンジュレータの製作", 第22回日本放射光学学会年会・放射光科学合同シンポジウム予稿集、東大、108, 2009
- [3] 金安他, "電子ビームを用いた可変偏光アンジュレータの不整磁場評価", 本年年会発表WPLSA14
- [4] 江田他, "SAGA-LS蓄積リングにおけるカップリングの測定", 第5回加速器学会第33回リニアック研究会報告集、東広島、701-703, 2008
- [5] J. Bahrtdt, et al., "Active Shimming of the Dynamic Multipoles of the BESSY UE112 APPLE UNDULATOR", Proceedings of EPAC08, Genoa, Italy, 2222-2224, 2008
- [6] 岩崎他, "SAGA Light SourceにおけるSkew 4極電磁石", 第5回加速器学会第33回リニアック研究会報告集、東広島、704-706, 2008
- [7] T. Mitsuhashi, "Spatial coherency of the Synchrotron Radiation at the Visible light Region and its Application for the Electron Beam Profile Measurement", Proceedings of the PAC97 (1997) 12-16
- [8] 高林他, "放射光モニタ用ビームラインBL20・BL21", 九州シンクロトロン光研究センター・早稲田大学ナノ理工学研究機構合同シンポジウム平成19年度研究成果報告会実施報告書 (2008) 152-155
- [9] 江田他, "SAGA-LSにおける超伝導ウィグラーの設計検討", 本年年会発表WPLSA13