

RECENT PROGRESS AND FUTURE OF SYNCHROTRON RADIATION FACILITY SAGA-LS

Shigeru Koda¹, Takatada Iwasaki, Yuichi Takabayashi, Tatsuo Kaneyasu
Saga Light Source
8-7 Yayoigaoka, Tosu, Saga, 841-0005

Abstract

Saga Light Source has provided stable synchrotron radiation from the official opening, February 2006. Initial stored beam current of user operation increased to 150 mA from 100 mA in 2007. Construction of beamlines BL10, 11 and 18 started from April 2008. The commissioning is under progress. Experiment hall was expanded about 30 % in 2008 and installations of longer beamline were enabled at east side of the hall. An undulator of APPLE-II type will be installed to a long straight section LS3 in November 2008. Design of super conducting wiggler is under discussion. Performance as light source such as brilliance, flux, and photon energy will be further improved by accelerator improvements and installation of insertion devices in a few years.

放射光施設SAGA-LSの現状と今後

1. はじめに

放射光施設Saga Light Source (SAGA-LS)では2006年2月に開所して以来2年半が経過した。立ち上げ期を終え現在は定常的な運転サイクルに則って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既設加速器系のさらなる安定化と性能向上を進めつつ、平行して挿入光源等の開発を進めている。本報告では前回2007年加速器学会年会から現在までのSAGA-LSの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 施設

施設の最も大きな変化は、実験ホールのある実験研究棟の東側への拡張である。建設面積としては既設部分3710 m²に対し40 %の増築が行われた。増築部1階では実験ホール延長及び実験準備室増設が行われ、2階部分ではユーザー用研究室、ビームライ

ン用冷却水設備等が整備された。図1に実験ホール現状を示す。拡張により実験ホール床面積は約30%増加し、ホール北東側では以前に比べほぼ倍の長尺ビームライン建設が可能となった。

2.2 加速器系

加速器は入射用リニアックと電子蓄積リングから構成されている[1]。リニアックについては、手動であった制御系を段階的に計算機制御化している。リニアックを上流制御系から制御し、加速器全系の運転の省力化、再現性の向上及びマシンスタディにおける計画的な全系の連動制御を行うことが目的である。これまでに電子銃、導波管位相器の制御系をLabViewから制御出来るよう改造した。また電子銃については、計算機制御化に加え、入射効率の改善やシングル、セベラルバンチ等多様な時間構造のビーム入射を実現するための準備として、時間構造の多様なグリッドパルサーに更新した[2]。

蓄積リングにおいては入射セプタムの入射効率、コイルの機械的耐久性向上を目的に2007年12月に新



図1 施設拡張後の実験ホール。実験ホール南側2階より撮影。

¹ koda@saga-ls.jp



図2 製作中のAPPLE-II。磁気回路設置前。

らたなセプタムに更新した[3]。予算等制約で施設立ち上げ期に遅れていた蓄積リングの観測系整備も徐々に進んでいる。ビームスタディ、常時監視用光観測ラインとしてそれぞれBL20, 21を整備した[4]。BL20についてはリング遮蔽壁外に観測用暗室を設け、ストリークカメラ及びSR干渉計[5]によるビームサイズ測定系の試験をはじめている。蓄積リング電磁石については6極電磁石(SF)の1台で、内臓ステアリング磁石をスクュー磁石に改造した。現ラティスのベータートロンチューンは差共鳴に近く、スクュー磁場に敏感となっている。不整スクュー成分に対する積極的な制御が目的である[6,7]。

既存加速器系の改善と並行して、アンジュレータの開発を進めている[8]。利用側の偏光等光源特性の要求から磁気回路としてAPPLE-II型[9]を採用した。長直線部BL3に設置する。機械設計にあたっては、蓄積リング遮蔽壁内搬入時のサイズ、重量の制約が課題となった。従来の一般的に採用されている磁気回路支持部の構造[10]を見直し、独立な位相の磁気回路を共通に支えるベッド部を廃し、個別の磁気回路をサポートするビームが直接互いを支持する構造とした。これによりアンジュレータ重量は約6tとなり、サイズもコンパクトになり、実験ホール設置の天井クレーン(2.8 t)によって三分割でLS3に搬入設置が可能な設計となった。製作途中の状況を図2に示す。2008年11月設置を目標に現在磁気回路製作、真空槽製作が進められている。

またビームエネルギーモニター及び高エネルギー



図3 レーザーコンプトン実験用赤外レーザー導入ポートの単体試験状況。

ガンマ線利用研究を目的として、CO₂レーザー(10.6 μm)を用いたレーザーコンプトン(LCS)実験を行う計画を進めている。これまでに蓄積リングへレーザー光を導入する真空チャンバーの製作が終了し、現在チャンバー単体でのミラー制御、真空試験等行っている。図3に試験状況を示す。

2.3 ビームライン

前回2007年報告時点で稼動状態のビームラインは4本であった。その後BL10,11,18の建設が開始された。このうちBL10,11は佐賀県の中期二期計画に基づき進められており、BL10は前述APPLE-IIのビームライン[11]であり、BL11は現在利用希望が集中しているBL15の利用負荷分散を目的としている。またBL18はニココンが建設を進めている。BL18はほぼ完成、BL10, 11は上流部まで設置が終了し2008年7月より、これら3本のBLは基幹部の光焼き出しを開始した。加えて九州大学がBL6を建設することが決定し、現在、設計製作を進めている。2008年度中にビームラインが8本となる予定である。各ビームラインの内容を表1に示す3

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			九州大	検討
BL07	超伝導ウィグラー	5keV-35keV	XRD,XAFS	佐賀県	運用
BL09A	偏向電磁石	白色	LIGA	佐賀県	運用
BL09B	偏向電磁石	10eV-50eV	光励起	佐賀県	立上
BL10	APPLE2アンジュレータ	30eV-1200eV	PEEM, ARUPS	佐賀県	立上
BL11	偏向電磁石	1.75keV-23keV	XAFS,SAXS	佐賀県	運用
BL12	偏向電磁石	40eV-1500eV	XPS,XAFS	佐賀県	運用
BL13	ブローアンジュレータ	15eV-600eV	ARPES	佐賀大	運用
BL15	偏向電磁石	2.1keV-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	ニコソ	立上

3. 運転状況

現在加速器運転は、月曜マシンスタディ、火曜～金曜ユーザー運転の定常的なサイクルで行われている[12]。ユーザー運転時間は10時間/日で月当たり40時間程度である。2008年4月には新たな運転サイクルの試みとして24時間運転も行われた。

蓄積電流については、蓄積リングRF空洞系出力上限から300mAを現加速器系におけるゴールとし、段階的にビーム強度の増大を進めてきた。これまでに入射速度改善スタディ、蓄積リング真空ダクト熱負荷調査等を進め、マシンスタディでは250 mA蓄積が可能となっている。ユーザー運転でのビーム電流の増大については、各ビームラインの影響調査、光枯らしをすすめ、2008年1月に100 mAから150 mAに蓄積開始電流を変更した。2008年7月現在、200 mAに向けた光焼きだしを進めており、8月以降200 mAユーザー運転を開始する予定である。

2006年-2008年現在までのユーザー運転における月当たりの運転停止率(ユーザータイム中の加速器故障時間/実行ユーザータイム)を図5に示す。この図から加速器故障は主に開所後半年間の停止時間の短い複数のトラブルと2006年9月、2007年3月大きなトラブルから成ることがわかる。この二つのトラブ

ルはそれぞれリニアッククライストロンE3712カソードヒーター故障、蓄積リング偏向電磁石電源IGBT部故障という単発の重故障である。2006年、2007年の総ユーザー運転時間は、それぞれ1739時間、1265時間で、これに対し年間のアボート率は6~7%であった。この2年間の運転経験では初期の運用トラブルはほぼ無くなり、年間のアボート率は、基幹重要機器の単発の1週間程度継続する重故障が決められている。

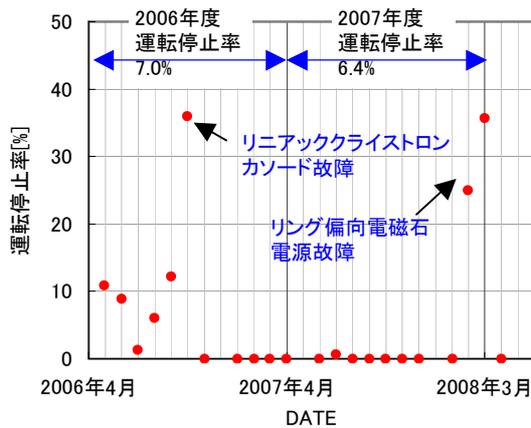


図5 2006-2008年月毎の運転停止率

4. 今後

リニアックについては本年度中にクライストロン電源の計算制御化を行い、リニアック主要機器の計算制御化が終了する予定である。さらにリニアック制御を統合した加速器全系制御の開発を進める。蓄積リングにおいてはAPPLE-II アンジュレータを本年11月のシャットダウン時に設置し、2009年1月より運用試験を開始する計画である。またLCSレーザー導入用チャンパーもこれと平行して設置作業を進める予定である。蓄積電流増大については300mAユーザー運転のためのスタディを進める。

さらにより高エネルギーのX線ニーズに応えるため2009年度設置を目標に4T級超伝導ウィグラーの設計を進めている。本年中に仕様を決定し、製作に入る予定である。国内に安定な運用を継続的に行っている施設が少ないことからウィグラー設計においては特に運用上の安定性、堅実性を目指している。

SAGA-LSの放射光源としての総合的な能力は、今後も継続的に向上する計画である。この1,2年程度で開所時に比べ、ビームライン数は2倍となり、蓄積電流強度は3倍、APPLE-IIによって可変偏光高輝度光の実現（輝度としては偏光電磁石の 10^3 倍程度の改善）が行われ、超伝導ウィグラーによって偏向電磁石の2.5倍以上高エネルギーなX線の利用が可能となる予定である。

5. まとめ

SAGA-LSでは開所2年目の現在、ユーザーに安定に放射光を提供している。加速器の性能向上を継続的に行いつつ、平行して蓄積電流増大による高フラックス化、可変偏光アンジュレータによる高輝度化、超伝導ウィグラーによる光エネルギー増大の計画を進めている。今後放射光源としてのさらなる性能向上を進める。

謝辞

SAGA-LSの光源性能向上に当たって内外の多数の関係者の協力、支援並びに貴重なアドバイスをいただいた。SAGA-LS建設時責任者富増氏、前加速器グループ長吉田氏、京都大学大垣氏、分子研UVSOR加藤氏、KEK-PF三橋氏、J-PARC堀氏、産総研豊川氏にこの場を借りて厚くお礼申し上げます。またKEK、広島大学HiSOR、東北大核理研、SPRING-8、ニュースバル及びSAGA-LSビームライングループの複数の関係者からも様々な協力をいただいた。感謝致します。

参考文献

- [1] T. Tomimasu, et al., "The SAGA Synchrotron Light Source in 2003", Proceedings of PAC03 (2003) 902-904
- [2] 高林他, "SAGA-LSリニアック新型グリッドバルサの導入", 本年会発表
- [3] 岩崎他, "SAGA Light Sourceにおける新規セプトム電磁石", 本年会発表
- [4] 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
- [5] 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
- [6] 江田他, "SAGA-LS蓄積リングにおけるカップリングの測定", 本年会発表
- [7] 岩崎他, "SAGA Light SourceにおけるSkew 4極電磁石", 本年会発表
- [8] 江田他, "SAGA-LSにおけるAPPLE-II アンジュレータ整備の状況", 第21回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム予稿集、立命館大学 (2008) 107
- [9] S. Sasaki, "Analyses for a planar variably-polarizing undulator", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A347 (1994) 83-86
- [10] T. Bizen, et al., "Driving Mechanism of an APPLE-2 Type Variable Polarization Undulator for the Gap and Phase Variation", Proceedings of EPAC98 (1998) 2240-2242
- [11] 吉村他, "SAGA-LS次期軟X線ビームラインのデザイン-II", 第21回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム予稿集、立命館大学 (2008) 109
- [12] 江田他, "放射光施設SAGA-LSの現状", 第4回加速器学会・第32回リニアック技術研究会報告集 (2007) 276-278