

RADIATION INTERLOCK SYSTEM FOR KYUSYU SYNCHROTRON LIGHT RESEARCH CENTER

Yoshitaka Iwasaki^{1,A)}, Yuichi Takabayashi^{A)}, Shigeru Koda^{A)}, Katsuhide Yoshida^{A)}, Takio Tomimasu^{A)}
Hideaki Ohgaki^{B)}

A) Kyushu Synchrotron Light Research Center, 8-7 Yayoigaoka, Tosu, SAGA, 841-0005

B) Institute of Advanced Energy, Kyoto University, Gokanoshō, Uji, Kyoto, 611-0011

Abstract

SAGA Light Source is a middle-scale light source with a 250MeV linac and a 1.4GeV storage ring. The linac and the storage ring are operated for four modes. A PLC based radiation safety interlock system for the four operating modes has worked from the beginning of the commissioning phase. A radiation monitoring system is also included in the system. The radiation interlock system network is constructed independently of the machine control network.

九州シンクロトロン光研究センターにおける放射線インターロックシステム

1. はじめに

九州シンクロトロン光研究センター光源装置 (SAGA Light Source) は250MeVリニアック^[1]およびコンパクトサイズの1.4GeV蓄積リング^[2]から構成される中規模放射光施設であり、2004年8月からコミッショニングが開始された^[3]。光源装置の4つの運転モードに対応した放射線インターロックシステムがコミッショニング期から運用されている。

4つ運転モードとは、1.リニアック調整運転 (ビームダンプ入射) : ビーム輸送系第一偏向電磁石を励磁せずにリニアック単独で運転する。2.リニアック調整運転 (アナライザー入射) : ビーム輸送系第一偏向電磁石は励磁するものの、第二偏向電磁石は励磁しないモードで主にリニアックのスペクトル測定に用いられる。3.蓄積リング電子入射・蓄積 : 蓄積リングに入射し、所定の電流値になるまで蓄積する。4.蓄積リング電子加速・貯蔵 : 250MeVで蓄積された電子を1.4GeVまで加速しユーザーに放射光を提供するモードである。図1に九州シンクロトロン光研究センター光源装置の配置図を示す。

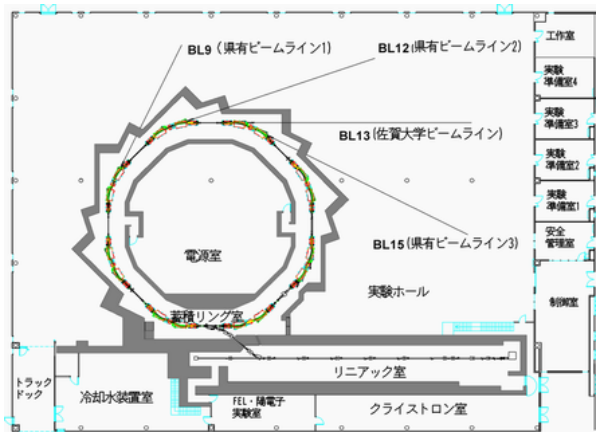


図1 : SAGA Light Source Layout

放射線インターロックシステム基幹部にはPLCが用いられ、自動表示灯、緊急停止ボタン、施錠状態などの分散した機器への入出力はPLCのDIOユニットを通して行われている。入退室管理用サーバーPCは常時監視式のエリアモニタおよびモニタリングポストの放射線計測装置も兼ねており、線量率および積算線量が記録されている。動作検証・メンテナンスが容易となるよう光源装置制御系^[4]およびビームラインインターロック系間の情報通信は端子台を経由した接点信号で行っている。本研究会では九州シンクロトロン光研究センター放射線安全インターロックシステムの設計指針とロジック、機器構成について報告する。

2. 放射線インターロックシステムの指針

九州シンクロトロン光研究センター光源装置の最大エネルギーは1.4GeVであることから、外部への放射線の漏洩を防ぐため蓄積リングは薄いところで厚さ約50cmのコンクリート遮蔽壁で囲われている。蓄積リングへの入射時にはビームラインγ線シャッターが閉じられ、実験ホールには常時立入りが可能である。またリニアックの単独運転の場合には蓄積リング室への入室は可能である。リニアック室もしくは蓄積リング室に実験者・作業者が入室している可能性がある場合には絶対にビームが出射されないことが放射線安全インターロックシステムの基本である。しかしながらビームの入射時に加速器室出入口の鍵が強制的にロックされる機能は設けないこととした。これはロジックをできるだけシンプルにすることと、緊急時に速やかに入室できること、僅かの残留放射線を別にすれば加速器が停止すれば放射線は発生せず、被曝の可能性がないことによった。また、蓄積リング電子貯蔵状態で在室者の可能性が生じた場合に、貯蔵ビームを強制的に落とすロジックにはしなかった。蓄積リング電子貯蔵状態で定常

¹ E-mail: iwasaki@saga-ls.jp

的に発生する放射線量は入射時と比較して僅かであり、貯蔵ビームを緊急遮断した場合に発生する放射線によって被曝することを防ぐためである。貯蔵中にも係わらず入室の可能性が生じた場合には、蓄積リング室内に警告音が発生される。モードに応じた加速器の運転準備状況を設定し、加速器ハードウェアが必要な準備条件を満たさない場合のビーム出射は不可とした。これにより想定外の方角への放射線の漏洩を防いでいる。放射線インターロックシステムと加速器制御系とはできるだけ独立させ、相互の情報伝達は接点信号によるものとした。系の切り分けを明確にすることにより動作検証およびメンテナンスが容易となっている。

以下に放射線インターロックシステムの指針を示す。

- 実験ホールには入射時を含め常時立入り可能
- リニアック単独運転には蓄積リング室への入室が可能（蓄積リング電子貯蔵中はリニアック室への立入りが可能）
- モードに応じた加速器の運転準備状況を設定
- 加速器およびビームライン制御系とは独立のシステムとする
- 出入口の強制ロック機構は設けない

3. 立入り条件及びモードごとの運転条件

250MeVリニアック室と1.4GeV電子蓄積リング室は厚さ1.2mのコンクリート遮蔽壁で隔てられており、単独で運転されている場合には運転されていない側への入室が可能である。また、実験ホールには入射時も含め常時立入りが可能である。表1にモードごとの立入り条件を示す。

	リニアック室	蓄積リング室	実験ホール
リニアック調整運転（ビームダンプ入射）	×	○	○
リニアック調整運転（アナライザー入射）	×	×	○
蓄積リング電子入射・蓄積	×	×	○
蓄積リング電子加速・貯蔵	○	×	○

表1：モードと立入り条件

4. インターロックの論理構成

リニアック室および蓄積リング室に立入る場合には入退室カードを非接触型カードリーダーにかざすことで加速器室内への在室情報がPLCに転送される。カードリーダーの読み取りが成功すると併設されているパネルPCにカード登録者の氏名が表示される。この入退室カードは実験ホール出入口および研究室等自動施錠ドアのカードキーの機能も兼ねているが、

リニアック室・蓄積リング室出入口4箇所はハードキーのみによって開錠・施錠される。この4つのハードキーが制御室のキーボックスに返却され、かつ出入口が施錠されていないと加速器は運転できない。また、リニアック室・蓄積リング室にはそれぞれ3つと8つの緊急停止ボタンがあり、緊急停止ボタンが押されると復帰が完了するまで運転条件不可となる。以下にリニアック調整運転（ビームダンプ入射）での条件を示す。

- モード選択あり
- リニアック運転準備完了
- 放射線量規定値以下
- リニアック室在室者なし
- リニアック室出入口施錠
- リニアック室鍵返却
- リニアック室緊急停止ボタン押されていない
- ビーム輸送系放射線シャッター閉
- ビーム輸送系第1偏向電磁石電流0

全ての条件が成立すると制御室内ビームスイッチ上の『運転可』が点灯され、ビームスイッチをONすることでリニアックRF出力及び電子銃グリッドパルス出力が可能となる。ビームスイッチをONしてから実際にビームが出射されるまでの10秒間は加速器室内に警報音が発せられる。放射線量は実験ホール管理区域境界に設置された電離箱式γ線エリアモニタ、敷地境界に設置されたNaIシンチレーション式γ線モニタリングポストおよび³He比例計数管中性子モニタリングポストにより常時モニタリングされており、線量率、積算線量のどちらかが規定値を超えた場合はビームを出射することができない。

リニアック調整運転（アナライザー入射）、蓄積リング電子入射・蓄積モードでは蓄積リングへの入室条件及びビームラインγ線シャッターの条件が加わる。ビームラインインターロック系とはγ線シャッター状態、開許可、緊急停止の信号を通信している。図2にビーム出射までのフローを示す。

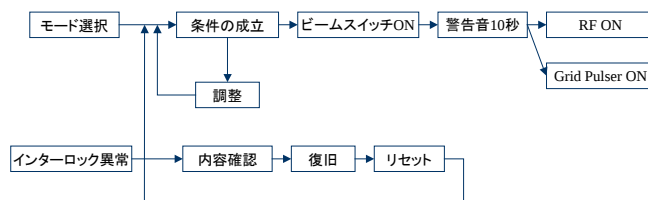


図2：ビーム出射の動作フロー

5. 機器構成

インターロック論理の判定・演算は安全管理室に設置されたPLC(富士電機FPU120S-A10)が一括して行い、分散設置されたDIOユニット(富士電機FTK616A-C10)により自動表示灯、緊急停止ボタン、ビーム輸送系ゲートバルブ開閉指令・状態、加速器

ハードウェア、ビームラインインターロック系等と信号入出力を行っている。入退室カードリーダーはパネルPCに接続され、パネルPCは安全管理室に設置された入退室管理用サーバーPC(放射線測定用PCを兼ねる)とローカルイーサネットLANで接続されている。運転モードの選択、条件成立状態の表示、ビーム輸送系のビームシャッター・ゲートバルブの開閉操作等は制御室に設置されたタッチパネル(富士電機UG530H)で行われる。その他、キーボックス、インターロック状態表示板、ビームスイッチが制御室内の19インチラック内に設置されている。また監視用としてリニアック室2台、蓄積リング室6台、実験ホール3台のカメラ映像が3台の14インチモニターに常時映し出されている。図3に機器構成の概念図を示す。

6. 運用の状況

放射線インターロック系の基幹部が設置された2004年3月は加速器制御系やリニアック関係のハードウェアが未配置であった。カードリーダーによる在室者情報、自動表示灯の点灯状態、インターロック表示板、ビームスイッチ等の動作確認を行った。その後、加速器制御系、リニアックハードウェア、ビーム輸送系ゲートバルブとビームシャッターへの接続を行いコミッショニングまでに放射線インターロック系として動作するようになった。偏向電磁石の準備条件が一時的に不成立となりインターロック異常が生じる誤作動があったものの、これは偏向電磁石モニター値のノイズに起因することがわかり修正されている。

また、放射線高レベルの閾値を線量率と積算線量のどちらでも設定できるようにした他、蓄積リングの電子貯蔵状態の判定条件等、いくつかのプログラム上のロジック修正も行った。現在の問題点としてはパネルPCが一ヶ月に一度程度フリーズすることがあり、入退室カードによる読取ができなくなることがある。パネルPCを再立上げすることで復帰されるが、原因は調査中である。ビームラインのインターロック系がほぼ完成し、2005年7月頃までに総合試験が行われる予定である。

PLCを用いたFAベースのシステムは低コストで短時間に構築される。SAGA Light Sourceの放射線インターロックシステムにはms以下の高速処理が要求されていないこともあり、機能として十分である。システム整備と改造はニシム電子工業株式会社および富士電機システムズ株式会社に協力していただいた。

参考文献

- [1] Y. Yakabayashi et al., "COMMISSIONING OF 250MeV LINAC AT SAGA LIGHT SOURCE", Proc. of this meeting
- [2] Y. Iwasaki et al., "LATTICE DESIGN OF SAGA SYNCHROTRON LIGHT SOURCE", Proc. of the PAC2003, Portland (2003) 3270.
- [3] T. Tominasu et al., "Commissioning of SAGA Light Source", Proc. of the PAC2005, Knoxville (2005)
- [4] H. Ohgaki, et al., "PC-LabView Based Control System in SAGA-LS", Proc. of the PAC2005, Knoxville (2005)

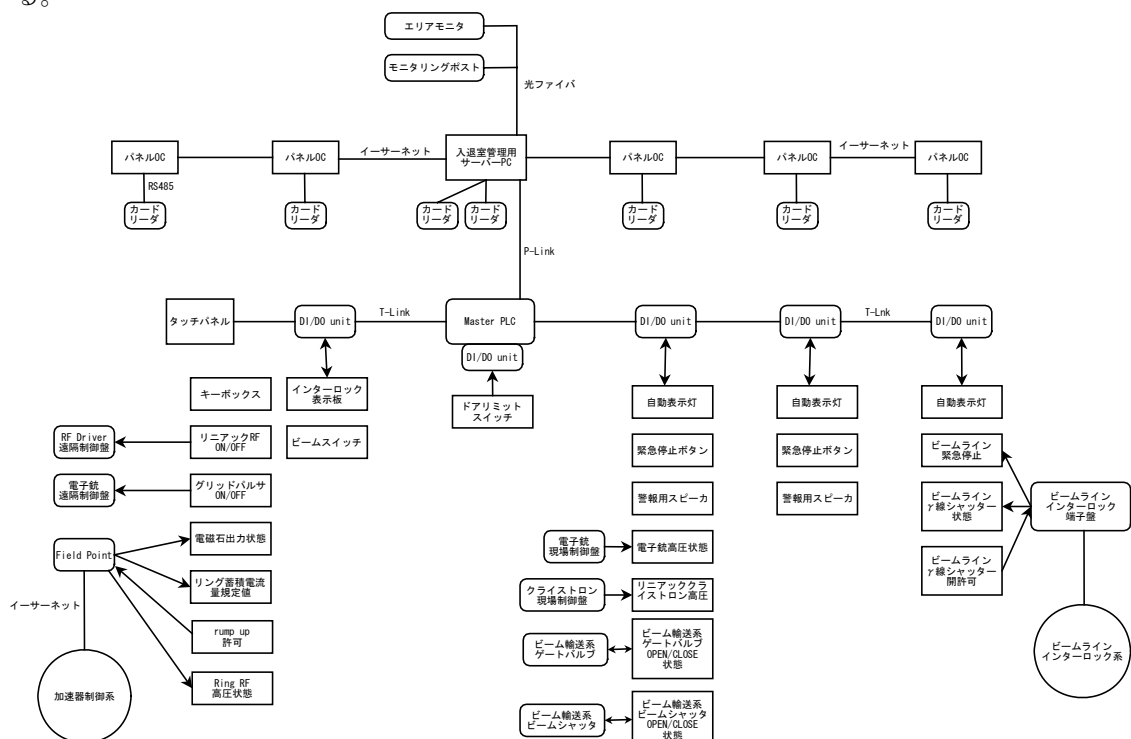


図3：放射線インターロック系機器構成概念図