

cERL での LCS 実験用ビームラインのインターロックシステム THE INTERLOCK SYSTEM OF BEAMLINE FOR LCS AT THE CERL

濁川和幸^{#,A)}, 小菅隆^{B)}, 斉藤祐樹^{B)}, 羽島良一^{C)}, 永井良治^{C)}
Kazuyuki Nigorikawa^{#,A)}, Takashi Kosuge^{B)}, Yuuki Saito^{B)}, Ryoichi Hajima^{C)}, Ryoji Nagai^{C)}

A) KEK, Accelerator Laboratory

B) KEK, IMSS

C) JAEA

Abstract

We have succeeded to develop new interlock system of beamline for LCS. The beamline for LCS was constructed from July to December in 2014 and the interlock system is necessary to protect users from radiation hazards. Originally, we planned to develop the interlock system as a part of PPS and MMS of cERL, but finally, we adopted new interlock system which has same architecture of PF-AR beamline interlock system due to keep operation compatibility for users and staff.

We will describe detail of the new interlock system of beamline for LCS.

1. はじめに

平成 26 年 9 月から 12 月までにかけて cERL 加速器を使用した実験を行うために、LCS 実験用ビームライン（以下、LCS ビームライン）の建設が行われた。

実験を安全に行うためにも LCS ビームラインのインターロックシステムを作成する必要がある。当初は cERL 加速器の PPS^[1]や MMS の一部として一部として運用すれば良いとの考えもあったが、今回建設する LCS ビームラインが「今後共同利用される可能性を否定できない」さらに「THz のビームラインも作る可能性がある」等も考慮し、PF/PF-AR のビームライン安全担当者とも協議を重ね、今回の LCS ビームラインは現行の PF/PF-AR のビームラインの安全系に準拠した形でインターロックシステムを構築することにした。構築にあたっては PF/PF-AR のビームラインの安全系担当者にも協力して頂くことにした。

本報告書では、このインターロックシステムについて述べる。

2. PF-AR ビームラインのインターロックシステム

PF/PF-AR ビームラインの安全系は基本的な構成等は同じであるが、MBS (Main Beam Shutter) をビームライン側のシステムで扱うか加速器側のシステムで扱うかで少し違いがある。

LCS ビームラインでは MBS にあたるシャッターをビームライン側のシステムで扱う事としたため、PF-AR ビームラインの安全系システムと同等のシステムとすることにした。

PF-AR ビームラインの安全系（ビームラインのインターロックシステム）は Figure 1 のような構成となっている。PF-AR には現在 8 本のビームラインが

[#] kazuyuki.nigorikawa@kek.jp

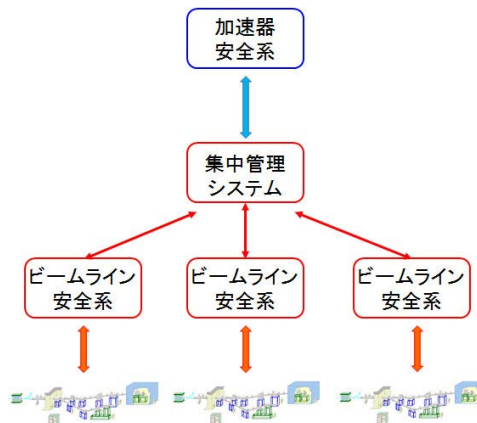


Figure 1: Image of safety system for PF-AR beamline.

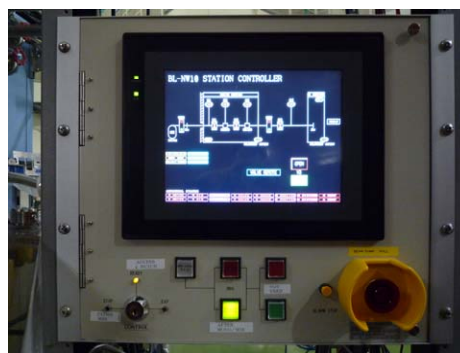


Figure 2: Station controller for PF-AR.

あるが、それぞれのビームラインに Figure 2 のステーションコントローラと呼ばれるタッチパネルや Figure 3 の退室制御盤を配し、それらを PLC でコントロールする事によってビームラインのインターロックシステムを構築し、シャッターやバルブの開閉、実験室への入室管理等を行い、安全に放射光実験が出来るようになっている。



Figure 3: Exiting controller for PF-AR.

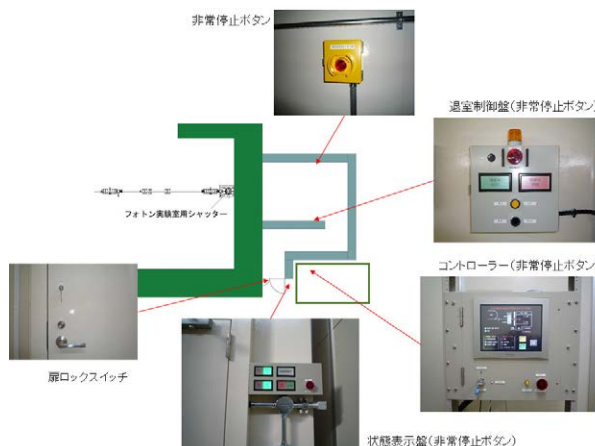


Figure 5: Layout of safety system components.



Figure 4: Central control system for PF-AR.



Figure 6: Main controller for LCS.

また加速器安全系（加速器のインターロックシステム）とはビームラインのインターロックシステムがそれぞれに接続している訳ではなく、間に Figure 4 の集中管理システムを置き、ここでまとめた情報を加速器のインターロックシステムに送っている。これによってビームラインの増減やビームラインに変更が生じた場合も、ビームラインの安全系のみを変更するだけで良く、加速器のインターロックシステムを変更するような事はないようにしている。

3. LCS ビームラインのインターロックシステム

3.1 システム構成機器と配置

PF-AR と同等のインターロックシステムを構築するために今回下記の機器を新規に作成した。

- ステーションコントローラ
- メインコントローラ
- 非常停止ボタン
- 状態表示盤
- 扉ロックスイッチ（実験室扉）
- 退出制御盤

この他として、実験室への扉に電気錠とキースイッチを設置してこの扉をインターロック扉として扱っている。

Figure 5 は LCS 実験室回りでの上記機器の配置場

所と各機器の写真を表したものである。退出制御盤にも非常停止ボタンがあるため、決して大きくはない実験室内に非常停止ボタンが 2 個配置してある事になっているが、これは実験室の真ん中に計測用機器が設置される事を考えて、あえて設置したものである。また、Figure 6 はメインコントローラの写真であり、これは cERL の制御室に設置してある。

3.2 ステーションコントローラとメインコントローラ

Figure 5 の通り、ステーションコントローラは実験室脇にある実験者用のキャビン内に設置されている。このコントローラによって、実験者自身でシャッター開閉が可能である。また、画面の表示によって、現在のビームラインの状況などが確認できるようになっている。

メインコントローラは、cERL 加速器の制御室に設置してあり、ステーションコントローラと同等の機能を有している。このため、メインコントローラからもシャッターの開閉制御を行う事が可能である。

ステーションコントローラとメインコントローラの大きな違いはメインコントローラにのみ「REMOTE MODE」と「RESET」のボタンがあることである。

「REMOTE MODE」とは、ステーションコントローラに対しての使用許可ともいべきものであり、

メインコントローラでこのボタンが押された状態でないと、ステーションコントローラではシャッターの開閉が出来ない仕組みになっている。

「RESET」ボタンは文字通り、異常があった時からの復旧に使うためのリセットボタンである。これがメインコントローラにしかないのは、異常の確認を実験者のみが行って復旧させるのではなく、ビームラインの担当者や担当者から委託された運転当番が異常状態からの復旧を確認した後でないと、リセットが出来ないように運用しより安全に実験が出来るようにするためである。

3.3 非常停止ボタン

非常停止ボタンは Figure 5 にある黄色のボタンのみではなく、ステーションコントローラや後から説明する状態表示盤、退出制御盤にも設置されていて、どのボタンも同じ動作を行う。

この非常停止ボタンは実験室用のものではあるが、この非常停止ボタンが引かれると加速器の運転も止まる仕組みになっている。

3.4 状態表示盤

状態表示盤は実験室の出入口左上に設置されており、加速器が運転状態かどうか、実験室の扉が施錠状態かどうか、等がランプの点灯消灯によって示されるようになっている。

3.5 扉ロックスイッチ

実験室への扉には扉の施錠を管理するために電気錠が取り付けられている。これによって扉が施錠されていない場合はシャッターを開くことが出来ない仕組みとなっている。

また、扉をロックしたりロックを解除したりするために、キースイッチも取り付けられていて通常の扉の開け閉めには電気錠の鍵を使用せずにこのキースイッチの鍵を使用することとしている。

また、扉のキースイッチと同じ鍵のキースイッチがステーションコントローラにもついており、ステーションコントローラのキースイッチを「ENABLE」の位置にしないとシャッターが開けられない仕組みになっている。これは、実験者がシャッターを開けたまま実験室の扉を開けるような事がないようにとの配慮からであり、先に述べた通り実験室に入るためにはキースイッチの鍵が必要なことから、扉を開けるためにはステーションコントローラからキースイッチの鍵を抜く必要がある。鍵はキースイッチが「DISABLE」の位置にないと抜けないタイプになっているため、もしシャッターが開いたままの状態でも鍵を抜こうとしてキースイッチを「DISABLE」にすると、その瞬間にLCSビームラインのインターロックシステムがシャッターを閉じる仕組みになっている。

3.6 退出制御盤

退出制御盤は、実験室内の退避確認をする目的で設置してある。

加速器が運転中であっても、実験の状況によって、

実験者は実験室内へ立ち入ることがままある。したがって、加速器の退避確認とは別にこの退出制御盤によって、実験室の退出確認を行う事になっている。退出確認に仕方は以下の通りである。

- 実験室内の安全確認と自分以外の人が残っていないことを確認して退室制御盤の「退室」ボタンを押す。
- 一定時間退室制御盤の回転灯が点灯しブザーが鳴るので、その間に実験室から退室して、扉の右上にある状態表示盤の「EXITING」ランプが点滅していることを確認する。
- 「EXITING」ランプの点滅が終了し点灯に変わった時（「退室制御盤」のブザーが鳴りやんだ時）に扉のキースイッチの鍵を OPEN から CLOSE に回し、状態表示盤の「DOOR CLOSE」が点灯したことを確認する。
- キースイッチの鍵抜き、キャビン内のステーションコントローラのキースイッチに刺す。
- ステーションコントローラの画面で実験室の扉が閉まっていることを確認する。

この作業は、実験室に入室した後にシャッターを開く際には必ず行わなければならないようになっている。

3.7 ロジック

LCSビームラインの基本ロジックは Figure 7 のロジックに基づいている。基本的な考えは先に述べた通り、PF-ARのビームラインで使用しているインターロックシステムと同じ考えに基づいて設計されたものである。

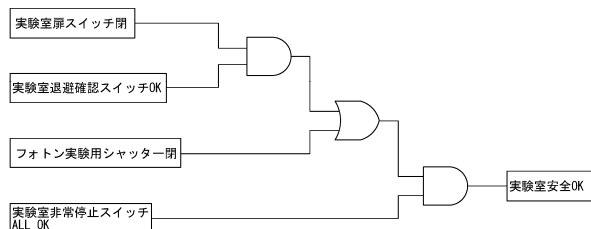


Figure 7: Basic logic.

3.8 LCSビームライン・インターロックとPF-ARビームライン・インターロックの違い

前節までで、今回のシステムで使用した機器とロジックまでを述べてきたが、PF-ARビームラインのインターロックシステムとは違って「集中管理システム」を置いていない。これは、まだ実験するためのビームラインが1本だけであること。LCS用ビームラインのインターロックシステムで扱っているIOの点数が少なく使用しているPLCの処理能力に十分な余裕があるためである。

ただし、実際にはLCSビームラインのインターロックシステムに使用しているPLCのプログラムの書き方に工夫をしてあり、将来的にビームラインが増えた時などは集中管理システムを導入しやすい構成となっている。

システムの概要や構成物品の見た目は同じであるが、システムをコントロールするために使用している PLC のメーカーを違うものにするなど、中身は異なったものになっている。この事で PLC などのメーカーを変更しても使い勝手が大きく事なることがないものが作成できることの実証にもなり、今後の PF/PF-AR ビームライン側のインターロックシステム作成に対しても良いフィードバックが行えた。

4. PPS の変更

LCS ビームラインのインターロックシステムとの情報のやり取りは cERL 加速器の PPS が担っている。このため、PPS についても少しではあるが変更を行った。

LCS ビームライン・インターロックシステムと PPS の情報のやり取りはハードワイヤーのみで行っており、実際にやり取りしている信号は下記の通りである。

<ビームライン側から PPS へ>

- 実験室安全 OK
- シャッター開閉状態

<PPS からビームライン側へ>

- Channel Permit 信号
- 加速器運転状態

「実験室安全 OK」は実験室側でシャッター等に異常がなく、非常停止ボタンも押されていない状態であることを示す信号である。この信号が落ちると加速器の運転出来ないように PPS を変更した。

「Channel Permit 信号」は加速器側からシャッター開閉の許可を出すための信号であり、例えば加速器調整中にはこの信号を落とすことで、シャッターを開けられないようにすることが出来る。実際にはこの信号は様々な運転条件も考慮する必要があるので、MMS で作られていて PPS は橋渡しのみを行っている。ただし、シャッターの点検等を行う必要があることから、加速器が運転していない状態の場合 (FREE MODE 時) のみ疑似信号を出してシャッターの点検が可能な仕組みも組み込んでいる。

斜線で記載した「シャッター開閉状態」「加速器運転状態」は単なる情報表示用のみに使用していて、

安全のために使用している信号ではない。

また、PPS に変更を加えたのでこれに応じて PPS の状態表示を行っている SCADA ソフトの変更も行った。変更点は Figure 8 のようにビームライン側からの信号を表示できるようにしたことと、上記の信号もログを取れるようにプログラム変更したことである。

5. まとめと今後の課題

今回作成したインターロックシステムは既に半年以上使用しているが、誤動作なくちゃんと動作して実際の実験に使用されている。このことから今回のシステムが、LCS ビームラインを使って安全に実験が出来るために寄与しているものと考えている。

Figure2,3,5などを比較して頂くと分かるが、PF-AR で使用している機器と今回の構成機器は若干の違いはあるものの操作性は同じになるように構築されている。これは、今回の LCS ビームラインが将来的に PF/PF-AR のようにユーザーが実験するであろうと事を考え、今までの PF/PF-AR のユーザーの使い勝手を考慮したためである。また、ユーザーとしてきた実験者は、物構研の放射光測定器で用意されたユーザー用の安全講習ビデオを見なければ実験が出来ない事になっているため、このビデオで説明されている使い方と差異がないようにもしたためでもある。ただし、この事にこだわったため、非常停止ボタンは加速器側では押すタイプを使用しているが、実験室側では引きタイプを使用している。このことで戸惑うことがないかとの指摘も頂いているが、上記のビデオ教育にかかわる部分であり、ビームライン側の安全担当者とも協議をして、将来的に向けた方向性を出せればと考えている。

また、今回作成したインターロックシステムでは単独でのログシステムが導入されておらず、ログについては PPS のログシステムに頼っている。実験用ビームラインが増設される場合にも備えて、ビームライン側単体でもログシステムを構築していくことが必要であると考え、どのようなシステムでログを取るかについて考えるなど、取り組みを開始したところである。

参考文献

- [1] K. Nigorikawa et al., “cERL の Personnel Protect System”, Proceedings of the 11th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Aomori, Aug. 9-11, 2014, P.1254.

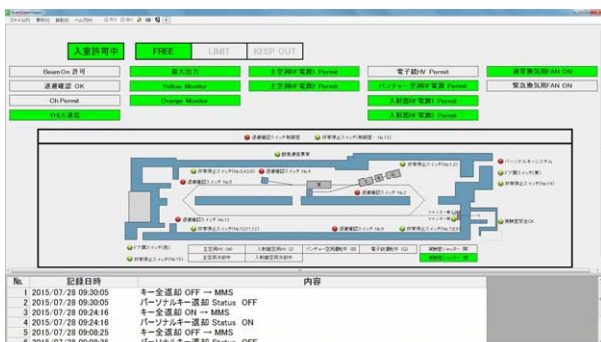


Figure 8: SCADA display.