

SAFETY INTERLOCK SYSTEM BASED ON PLC AND PC

R.Kato^{1,A)}, S.Kashiwagi^{A)}, T.Yamamoto^{A)}, S.Suemine^{A)}, G.Isoyama^{A)}

^{A)}Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka, 567-0047

Abstract

AT the Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, a safety interlock system was updated with remodelling of L-band linac and establishment of the laser photo-cathode RF gun linac. In former safety interlock system, it was built using the relay logic and the 8-bit microcomputer, but in the new interlock system, it was changed to the method that manages the interlock logic with Programmable Logic Controllers and displays information in the building with Personal Computers.

PLCとPCを用いた安全系インターロックシステム

1. はじめに

大阪大学産業科学研究所（以下、阪大産研）のLバンド電子ライナックは、1978年に運転を開始し、高強度の単バンチ電子ビームを加速できるライナックとして稼動してきたが、クライストロン及びクライストロン用モジュレータ電源、サブハーモニックバンチャー用RF源、冷却水装置など、加速器の安定化・高精度化を目指した機器更新が行なわれた[1][2]。同時に最先端のビーム科学を探究するための加速器としてレーザーフォトカソードRF電子銃ライナックが新設された[3]。これらと旧来からあるSバンドライナックの計3台の加速器を統括し、加速器運転とビーム利用を安全に遂行するために、安全系インターロックシステムを更新した。

これまでの安全系インターロックシステムは、Lバンド電子ライナックの建設時に構築されたもので、リレーを用いたハードロジックと8bitマイクロコンピュータを組み合わせて構築されていた。今回のLバンドライナックの改造では、その制御系をプログラマブル・ロジック・コントローラ（PLC）とパーソナル・コンピュータ（PC）を主体としたシステムに改造した[4]。これに伴い新しい安全系インターロックシステムでも、その中心にPLCを用いることとした。本研究では、この安全系インターロックシステムの概略について報告する。

2. 安全系インターロックの構成

2.1 システム構成

安全系インターロックシステムの構成

を図1に示す。このシステムの中核にあるのは、1台のPLCユニット（IL-DCS）であり、64点デジタル入力（DI）モジュール、64点デジタル出力（DO）モジュール、FL-netモジュール、Ethernetモジュールで構成される。DIモジュールに接続された放射線発生区域の出入り扉、運転キー、非常停止ボタン、ビームシャッターの状態を常時監視するとともに、施設の放射線監視システムから各部屋の放射線状態信号を取得している。また、3台のライナックの高圧状態信号を取り込むとともに、FL-netモ

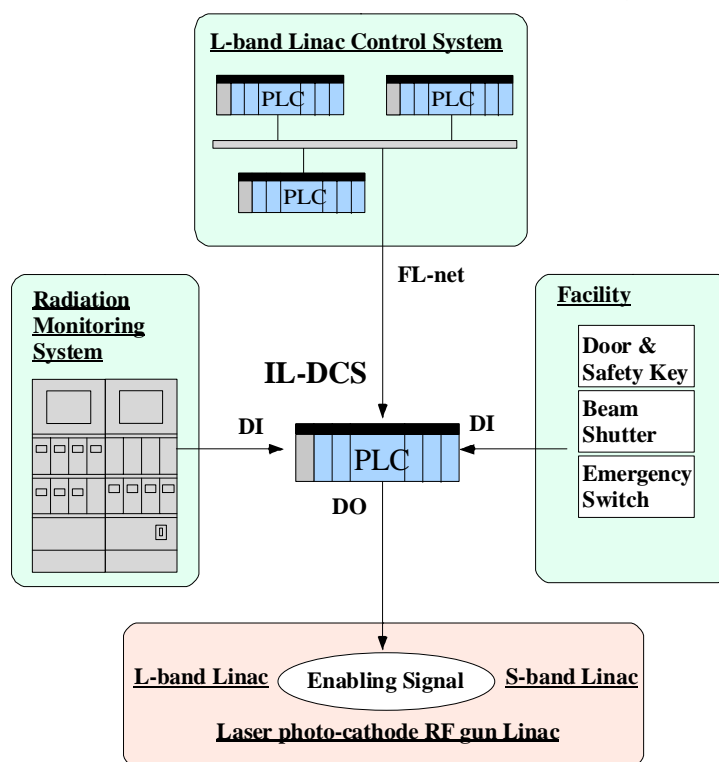


図1：安全系インターロックシステムの構成

¹ E-mail: kato@sanken.osaka-u.ac.jp

ジュールでLバンドライナック制御系ネットワークに参加して、運転モードやビームポート情報、ビーム経路上にある偏向電磁石の電流値等を取得している。DOモジュールは、各扉の開許可信号、自己保持型放射線モニタへのリセット信号、警告用ブザーのリセット信号、各ライナックの運転許可信号（高圧許可信号）に使用される。Ethernetモジュールは安全系インターロックシステムの表示を担うPC（IL-PC）との通信に使用される。PLCはLバンドライナックの制御系との整合性から横河電機製のFA-M3を使用した。今回使用したモジュールの一覧を表1に示す。

2.2 表示システム

安全系インターロックシステムの表示は、制御室に主表示盤が置かれ、各階の廊下と管理区域の入口に運転状態表示盤が設置されている。これまで使用されてきた表示盤では、リレーを用いて回路構築され、フリッカーリレーを用いて運転状態のランプ点滅を行っていた。この方法では今回のようにライナックが新設された場合や、表示項目が変更された場合には、リレー回路の変更や表示盤の作り直し、必要な配線の新たな敷設が必要になる。今後のシステム変更や改造に柔軟に対応するために、今回の表示システムでは、1台のPC（IL-PC）で表示画面を作成し、それをビデオ信号に変換して分配することにした。

このIL-PCはIL-DCSとTCP-IPで通信を行い、一定間隔で入出力レジスタの情報を取得し、表示画面を更新している。表示画面はVGAケーブルを通してダウンコンバータ（IMAGENICS、DC-60）に送られ、ビデオ信号（NTSC）に変換される。この信号は信号分配器（IMAGENICS、DA-120A）2台で5系統に分配された後、同軸ケーブルで各階の運転表示盤に送られる。表示盤としては、ビデオ入力端子を持った液晶ディスプレイを用いた。

2.2 画面構成

IL-PCで表示される画面は、制御卓に置かれた主

L-BAND LINAC 運転中	Beam Port 第2照射室
S-BAND LINAC 停止	発生装置室: 閉鎖
RF Gun LINAC 停止	第1照射室: 開放
	第2照射室: 閉鎖

図2：運転表示画面

表1：使用モジュール

No.	モジュール名称	型式	数
1	ベースモジュール	F3BU13-0N/D2	1
2	電源モジュール	F3PU30-0N	1
3	CPUモジュール	F3SP53-4S	1
4	DI64モジュール	F3XD64-3F	1
5	DO64モジュール	F3YD64-1F	1
6	FL-netモジュール	F3LX01-0N	1
7	Ethernetモジュール	F3LE11-0T	1

画面と、各階に表示される運転状態表示画面の2種類である。運転状態表示画面は、図2に示すように、3台のライナックの運転状態とLバンドライナックのビームポート、そして各々の実験室が運転のために閉鎖されているかどうかを示されている。主画面ではそれに加えて、放射線発生区域の出入り扉の開閉状態、運転キーが運転・停止のどちらの状態にあるか、非常停止ボタンが押されていないかどうか、ビームシャッターの開閉状態、各部屋の放射線レベルとそれが運転されているライナックやビームポートの位置と矛盾していないかなど、インターロックの成立に関係するすべての入力信号が、実際にライナックが設置されている地下2階の平面図上に示されている（図3）。この画面表示のためのプログラムは、グラフィック画面作成のためのツールの使い易さ、プログラム変更の容易さからVisual BASICを用いた。

3．インターロック論理構成

3.1 論理構造と信号の流れ

安全系インターロックの論理構成は、1台ライナックが増えたものの、残り2台のライナックの基本性能や利用可能な運転モード、ビームポートに大きな変更がないため、ほぼこれまでの論理を継承している。

基本的には安全系インターロックに取り込まれている信号のなかで運転許可信号の論理に関係するものは以下の3つのグループに分けられる。

- 1) 部屋の閉鎖に関係する信号
- 2) 放射線状態に関係する信号
- 3) 偏向電磁石の電流値

1)に含まれるのは、遮蔽扉の開閉状態とそれを動かすためのモーターの動作状態、安全キーの有無、各部屋の中の非常停止ボタン、ビームシャッターの状態である。これらの信号がOKになったときに、運転者はその部屋を「閉鎖」することができる。以前の安全系インターロックでは、部屋の扉が閉じられると自動的に運転許可信号が運転可の側になっていたが、新しい安全系では扉を閉じた後に運転者が明示的に「閉鎖」手続きを取らない限り、許可信号が出ないように変更された。2)の信号からは放射線状態という信号が作られる。これは放射線レベルの高くなった場所が閉鎖されている場所である場合に正常、それ以外の場合を異常として、許可信号を

取り消し、加速器を停止させるために用いられる。
3) はビーム輸送に関し、電子ビームが選択されたビームポートにダンプされるためのものである。間違ってもビームシャッター等を直撃することのないように、ビーム経路上の偏向電磁石の電流値が常に正しい範囲内にあるかどうかが監視される。

3.2 PLC故障の検出と処理

ライナックの制御系では制御機器が故障をしてもそれが致命的なものでない限り運転を止めないことを基本としている。しかし、安全系インターロックを担うIL-DCSに関しては、発生した時点で直ちにライナックを停止する必要がある。FA-M3には、CPUで検出できる正常状態（故障無し）をPLCの電源モジュールから無電圧接点で出力する機能が備わっている。IL-DCSが電子銃電源に送り出す運転許可信号(DO)にこの正常信号を物理的なりレーロジックでANDを取ってから各々のライナックに送ることで、IL-DCSに故障が発生した場合には直ちに運転が停止されるようにしている。

4. 謝辞

この安全系インターロックシステムの詳細設計とプログラム開発は、(株)東芝 電力・社会システム社が担当されました。開発に携わられた方々に、この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- [1] G. Isoyama, et al., "Remodelling of the L-band Linac at ISIR, Osaka University", Proceedings of the 27th Linear Accelerator Meeting in Japan, Kyoto, Aug. 7-9, 2002, pp.115-117.
- [2] 加藤龍好, et al., " 阪大産研Lバンドライナックの改造と性能評価 ", Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, Jul. 30 -Aug. 1, 2003, pp.51-53.
- [3] 楊金峰, et al., " フォトカソードRF電子銃を用いたフェムト秒電子パルスの発生とパルスラジオリシス ", Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, Jul. 30 -Aug. 1, 2003, pp.108-110.
- [4] 加藤龍好, et al., " FL-net上に構築されたPLCベースの加速器制御システム ", Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, Jul. 30 -Aug. 1, 2003, pp.461-463.

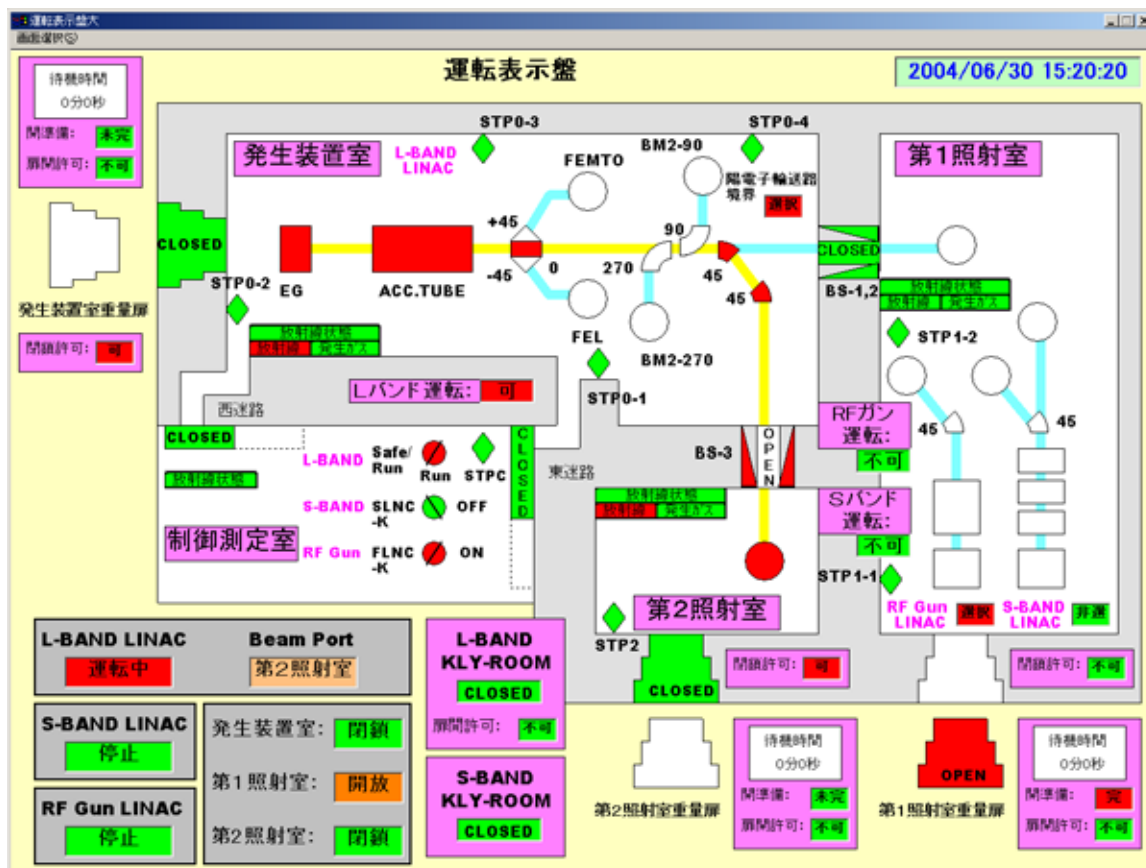


図3：安全系インターロック表示の主画面