

テストリニアク安全管理システムの構築

白川明広^{1,A)}、小川雄二郎^{A)}、小林 仁^{A)}、竹内康紀^{A)}、設楽哲夫^{A)}、大越隆夫^{A)}、大澤 哲^{A)}、池田光男^{A)}、中島啓光^{A)}、栗原俊一^{A)}、阿部 勇^{A)}、田中政彦^{B)}

^{A)} 高エネルギー加速器研究機構

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

^{B)} 三菱電機システムサービス(株)

〒305-0045 茨城県つくば市梅園2-8-8

概要

テストリニアクは、低速陽電子実験施設の一次電子加速器として現在の位置に移設され、運転を開始したところである。このための安全管理インターロックシステムを、既存のシステムとは独立に、新たに構築した。

システム構成はPLC(プログラマブルコントローラ)を中心としたもので、関係する信号をPLCに集約し、必要な論理シーケンス処理を行っている。情報の表示は主にコンピュータ上に行うものとして、COACKサーバ・クライアントシステムを利用してソフトウェアを整備した^[1]。

1. はじめに

元来テストリニアクは、高輝度電子銃の開発等の各種スタディのために、1991年より入射器棟内のテストリニアク室にて運用されていた。1998年にKEKBプロジェクトに伴って低速陽電子実験設備が入射器棟上流部に移設された折に、それに対する一次電子供給源として入射器棟トンネル南端に移設された。しかし、KEKBリニアクとトンネルを共用していることによる制約が大きく、2001年に現在の低速陽電子実験フロアに移設された^[2]。

加速管や集束電磁石等といった加速器コンポーネントは移設前の機器をそのまま使用しているものが多いが、安全管理システム(以下単に「システム」と呼ぶ)については、ほぼ全ての機器を新規に用意して構築した。

放射線安全の具体的基準やインターロックシーケンスの内容の解説については他稿に譲り、本稿ではPLCを中心としたハードウェア構成及び情報表示系の仕組みについて述べる。

2. システムの設計思想

テストリニアクは独立したマシンであるが、システムの設計思想は基本的にKEKBリニアクと共通とした。これは、両者が同じ建屋内にあること、更には携わる人々が共通である等の理由による。指針として特に明文化されたものがあるわけでは無いが、およそ次のような考え方に基づいている。

- 放射線安全と装置を保護するための安全を一体として取り扱う。ビームのオンオフ操作も必然的に含まれる。
- 原則としてハードウェアのみで構成する。
- PLCをハードウェアに準ずるものと見なし、インターロックシーケンスの核に使用する。
- 非常停止信号など、重要度の高い信号についてはPLCを介さず、直接に配線接続する。
- 制御室におけるインターロック状態表示は、コンピュータ(PC)画面上にて行う。

3. システム構成

3.1 全体の位置関係

図1にシステム全体の位置関係を示す。KEKBリニアク1階のBセクターとCセクターに挟まれた工

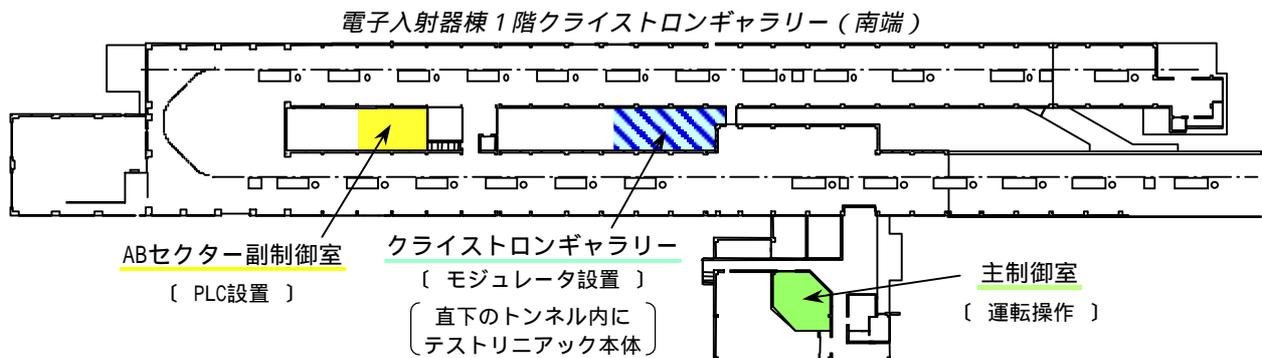


図1: システム全体の位置関係

¹ E-mail: akihiro.shirakawa@kek.jp

リアに、電子銃とクライストロンのモジュレータがある。テストリニアック本体はその直下の地階、低速陽電子実験フロア内にある。

1階南側のABセクター副制御室にはPLCがあり、ここに信号が集積する。少し離れた主制御室にはテストリニアックのビーム操作パネルがあり、運転はここから行う。2箇所の制御室にまたがっているのは、当初予定では副制御室から運転を行うつもりだったものを途中で変更したためである。現在、主制御室からのみ運転操作が可能である。

3.2 インターロック信号の内訳

システム内のインターロック信号の種類とその点数を系統別に表1にまとめた。表中の“入力”“出力”はPLCを基準にした見方である。

表1：インターロック信号の種類と点数

信号の種類（系統別）	主な場所	入力数	出力数
RFモジュレータ	ギャラリー	1	1
電子銃モジュレータ	ギャラリー	1	3
管理区域境界ドア	地下実験室	4	1
無人確認スイッチ	地下実験室	1	1
真空系	地下実験室	3	
放射線シールド	地下実験室	1	
空間放射線モニタ	地下実験室	1	
陽電子標的冷却水	地下実験室	1	
表示灯	地下実験室		3
電子銃非常停止	地下実験室	2	
モジュレータ非常停止	主・副制御室	1	
運転操作パネル	主制御室	6	5
ビームトリガー	副制御室		1

「電子銃モジュレータ」の出力点数には電子銃高電圧のオンオフ信号が含まれる。「管理区域境界ドア」に対する出力の意味は、電気錠の施錠信号である。「放射線シールド」はコンクリートブロックが設置してあるかどうかの状態を表し、8個のシールドに対応する信号を直列に接続して1点としている。「モジュレータ非常停止」のみPLCを介さないが、スイッチ状態を情報としてPLCに取り込んでいる。

3.3 構成機器と信号経路

図2はシステムを構成する機器と信号経路の概略を示したものである。矢印が信号の流れを表す。

モジュレータの非常停止スイッチは両方の制御室にあり、そのDC24V信号電源が副制御室にある。この信号が動作すると、電子銃及びクライストロンのモジュレータの全電源を切断する。

PLCは高さ177mm、幅19インチの筐体に格納されており、非常停止信号電源ユニット等と共にラックに取り付けてある。

各信号の電氣的規格は、一部を除いて基本的にDC24Vのリレー接点である。PLCモジュールの入出力インターフェースはトランジスタ接点であるので、PLC格納筐体の内部でリレー接点への変換を行っている。リレー接点駆動用の電源も同一筐体内にある。表示灯（放射線発生装置運転中の標識）への出力信号はAC100Vのリレー接点であり、別途「リレーボックス」を設けて変換を行っている。

図中では明示されていないが、両制御室内のIDFに試験弾器があり、システム保守等の際に信号の切り分けを行うことができる。

主制御室の表示系については次章で述べる。

4. 表示系

4.1 情報通信の仕組み

コンピュータへの情報表示はイーサネット回線を通じて行われる。インターロックシーケンスを担うPLCはネットワークに直接接続しておらず、別のPLCを間に介している（図2参照）。これはセキュリティ上の理由によるもので、後者のPLCはファイアウォールである。両PLC間の通信はPLC専用規格の通信リンク線によっている。インターロック情報を共有メモリ（PLC用語で言うリンクレジスタ）に複製し、これを外部から参照している（図3）。共有メモリ側から逆方向へのデータ移動をするようなシーケンスプログラムは記述していないので、セキュリティが保たれる。PLC専用リンク線を通じて外部からシーケンスを改変することも不可能である。

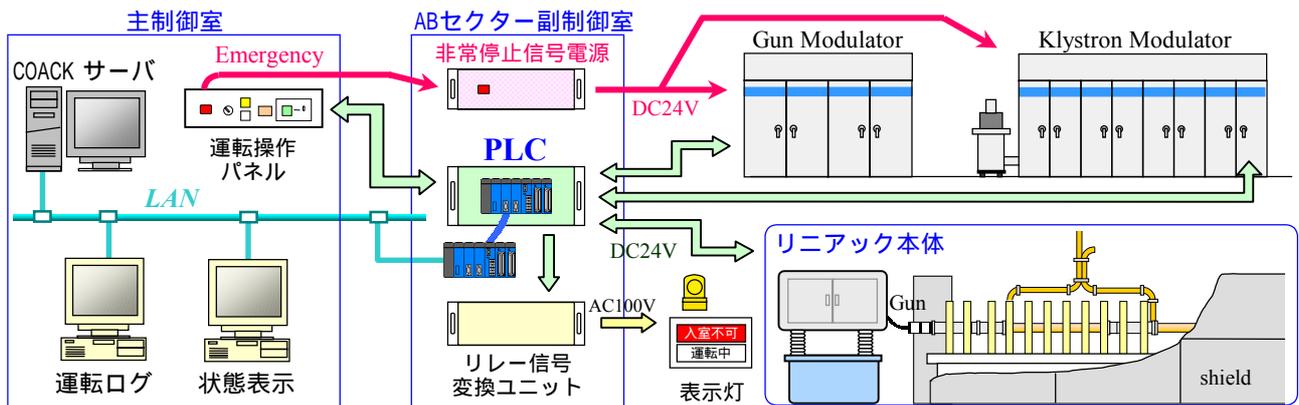


図2：システム構成機器及び信号の流れ

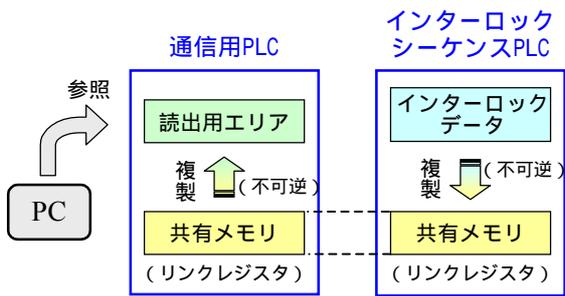


図3：セキュリティに配慮したデータ読出

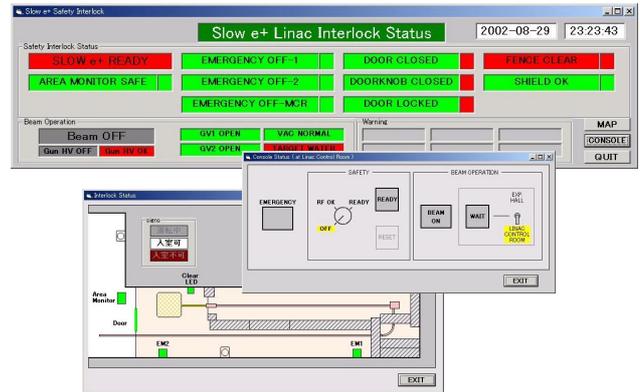


図5：状態表示ウィンドウ画面

4.2 情報サーバ

表示系を整備するにあたり、COACKサーバ・クライアントシステムを導入した^[3]。これはKEKBリニアックの安全管理システム構築当時には無かった新しい技術である。COACKには加速器制御を想定した多様な機能が備わっている。今回の導入に際して新たに作成したプログラムは、PLCからデータを定期的に読み出す部分と、状態表示用ウィンドウ画面、運転日誌記録のインターフェースのみであった(図4参照)。それぞれがCOACKクライアントである。

読み出したデータは全てCOACKサーバに格納される。COACKサーバとクライアント間の通信手段は、DCOMを使用したものがCOACKシステムの中に標準で用意されている。

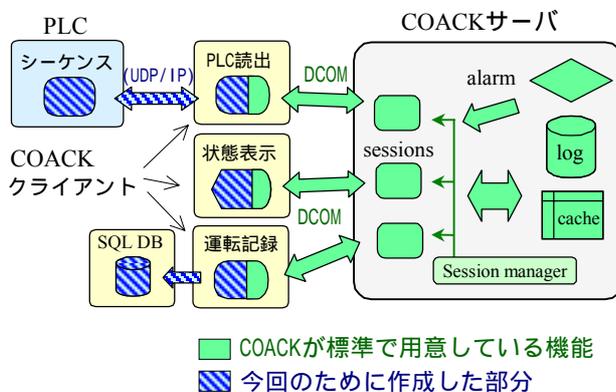


図4：COACKを使用したプログラム構成概念図

4.3 状態表示画面

前述のように、COACKクライアントの一つとして状態表示用ウィンドウ画面を用意した。作成時の主な作業は「絵」を描くことで、既にVisual Basicのコンポーネントとして用意されている通信機能その絵に貼り付けるだけで完了した。

COACKサーバに対してイベント通知要求フラグを立てておくと、何か状態が変化した時に自動的に情報が送られて来る。実際の画面イメージを図5に示す。

4.4 自動運転記録

KEKBリニアックでは運転日誌をコンピュータ上に電子ファイルとして用意しており、ビームオンなどのイベントが自動的にSQLデータベースに記録される^[4]。テストリニアックにもこれと同じ仕組みを導入した。但し、PLCからの情報取得にCOACKシステムを利用している点が異なる。自動記録システムを立ち上げる際に最も早く用意できるものとして採用した経緯があり、この部分は暫定的な形態である。自動記録されるイベント以外は、オペレータがMicrosoft ACCESSからデータベースに接続して入力を行う。

5. まとめ

低速陽電子実験用に移設されたテストリニアックの安全管理システムを新たに構築した。KEKBリニアックと同様のPLCを使用したシステムであり、コンピュータ上の表示系はCOACKサーバ・クライアントシステムを導入して短期間に構築した。ハードウェア・ソフトウェア共に、特に問題無く運用中である。

参考文献

- [1] A. Shirakawa et al., "New Control System using COACK for KEK Slow-Positron Accelerator", Proceedings of the 4th International Workshop on Personal Computers and particle Accelerator Controls (PCaPAC), Frascati (RM), Italy, Oct. 2002.
URL: <http://www.lnf.infn.it/conference/pcapac2002/>
- [2] 大越隆夫 他, "低速陽電子用リニアックの移設", Proceedings of the 26th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tsukuba, Aug. 1-3, 2001
- [3] I. Abe et al., "Recent Status of COACK and its Functions", PCaPAC2000, Hamburg, Germany.
- [4] 草野史郎 他, "KEKB LinacとRingの運転ログブックシステム", 本研究会