

# cERL の Personnel Protect System PERSONAL PROTECT SYSTEM OF CERL

濁川和幸<sup>#</sup>, 長橋進也

Kazuyuki Nigorikawa<sup>#</sup>, Shinya Nagahashi

HIGH ENERGY ACCELERATOR RESEARCH ORGANIZATION, Accelerator Laboratory

## Abstract

The safety management system of Compact Energy Recovery Linac (cERL) is constructed of three systems of the PPS (Personnel Protect System), MMS (Machine Mode System) and the software using EPICS. At first, this system was built for the cERL-injector in 2012. And we modified this system to construction of the return loop of the cERL. We report the details about PPS in this paper.

## 1. はじめに

cERL (Compact Energy Recovery Linac) は入射部、周回部と順次建設を行い運転してきた。安全管理システムもまずは平成 24 年に入射部のみのシステムとして構築し、その後平成 25 年夏からの周回部建設に合わせて非常停止ボタンの増設や表示システムの増強を行い、加速器運転に必要な安全管理システムを完成させた。

cERL の安全管理システムは、Figure 1 のイメージのように、人間を守る PPS (Personnel Protect System)、加速器の運転モードを司り各機器を安全に動作させる MMS (Machine Mode System)、EPICS を使用したソフトウェアレベルで行うインターロック (ログも含む) からなっている。

本報告ではこれら安全管理システムの一部である、PPS についての報告を行う。PPS は、パーソナルキーシステムによる加速器室への出入り管理を含め、放射線等から人を守る部分を担っており、PLC (Programmable Logic Controller) と Figure 2 のように配置された非常停止ボタン・退避確認スイッチ等を使用して構築されている。

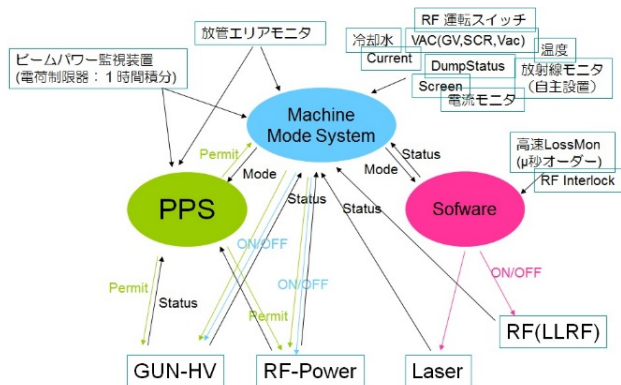


Figure 1: Image of the cERL safety system.

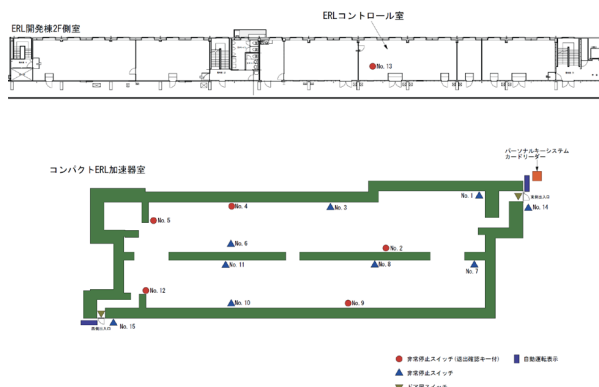


Figure 2: Figure of placement of the apparatus.

## 2. 加速器室入室管理と PPS の各機器

### 2.1 加速器室入室管理

加速器室の入口は電気錠で管理されており、外部から加速器室への入室には鍵が必要となっている。このための鍵貸出システムとして「パーソナルキーシステム」を構築した。

パーソナルキーシステムは、Photo 1,2 のカードリーダーを備えたキーボックス本体と、制御室に置かれた PC 上で動作する Figure 3 のソフトウェアで構成されている。キーボックスの鍵が刺さっている部分は、KEKB や入射器でも採用されている通電時以外にはキーが抜けないキースイッチ<sup>[1]</sup>を使用しており、カードリーダーで身分証明書の磁気を読み取り、許可された人のみが鍵が抜ける仕組みとなっている。もちろん、加速器運転中は許可された人のカードを読み取らせてもエラーとなって鍵が抜けない仕組みとなっている。

今回作成したシステムの特徴としては、キーボックス一つに鍵が 30 個付いている大型のものであることと、キーボックス単独での鍵貸出しに対応している事が挙げられる。

鍵の数は取り付けるキースイッチの数を単純に増やせば良いだけであるが、キーボックス単独での鍵貸出管理を行うために、キーボックス内部に PLC を設置し、CPU モジュールの SD カードを使用して、

<sup>#</sup> kazuyuki.nigorikawa@kerk.jp

許可された人のカード番号の管理と貸出ログ等の各種ログ管理を行っている。

PC と PLC は専用のネットワークで接続されており、通常時は PC で動作しているソフトウェアで現在の鍵の貸し出し状況やエラーログ等をリアルタイムに確認出来る。ネットワーク接続に問題が生じた状況では、PLC の SD カードのみに各種ログが記録され、ネットワーク復旧時に PC に FTP で転送する仕組みとなっている。

鍵の貸出許可者の登録は PC 上で行う仕組みとなっている。新規登録はエラーログからの登録に加えて、CSV ファイルを読み込む事でも可能である。

加速器室の入口は東側・西側の 2 か所あるが、キーボックス本体は東側入口にのみ設置されており、この鍵で東側・西側双方の入口の鍵を開けることが可能である。

さらに周回部建設に合わせて Figure 4 のように PC 側に新しいソフトウェアの追加を行った。具体的には PC の LAN カードを二枚挿しとして制御用 LAN にも足を延ばし、この LAN を介して他のソフトウェアからコマンドを受け付けることで、現在の鍵の貸出状態を答える仕組みになっている。これにより、Photo 1 上部にある通りにパーソナルキーの場所でも鍵の貸し出し状況を確認できるようにした。



Photo 1: Personal key system.

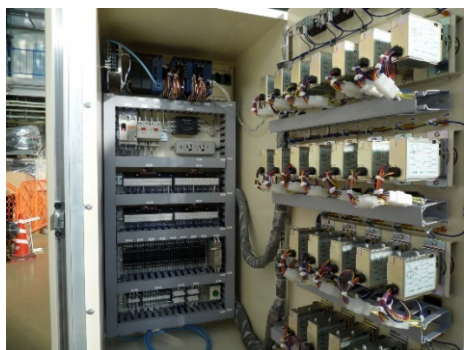


Photo 2: The inside of the personal key system.



Figure 3: Software of the personal key system.

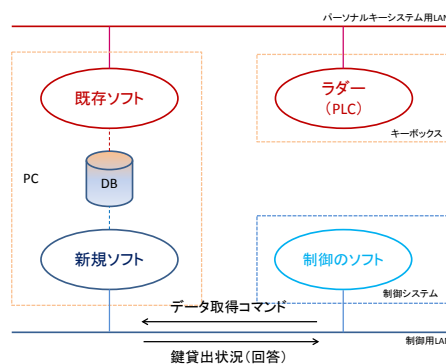


Figure 4: New software.

## 2.2 非常停止ボタン

非常停止ボタンは、一般的な非常停止ボタンがついている箱となっている。非常停止ボタンを押すことで、加速空洞用 HV (High Voltage)、電子銃 HV 等の停止を行って、加速器の運転を停止する事が出来るようにしている。加速器室内の非常停止ボタン 12 個には Photo 3 のように黄色の小型 LED 回転灯が付けてあり、加速器の運転開始を視覚的にも確認させるものとなっている。また、加速器入口 2 か所と制御室の 1 か所にも非常停止ボタンが設置してあるが、こちらは Photo 4 のように回転灯のないものとなっている。



Photo 3: Emergency button (with a revolving warning light).



Photo 4: Emergency button.



Photo 6: LED display board & revolving warning light.

### 2.3 退避確認スイッチ

退避確認スイッチは、加速器運転前に行うパトロール時に加速器室内に人が残っていない事を確認するために必要な装置で、Photo 5 のように非常停止ボタン装置にキースwitchを一緒に取り付けることで、その機能を実現している。実際には運転前パトロールを行う人が制御室からキースwitch用の鍵を取り、加速器室内に点在しているキースwitchをOff/On の順で回すことで、加速器室内に人が残っていないことを確認した事になる。加速器室内に5か所、制御室に鍵の保管用と最終確認用として1か所の計6個を設置している。



Photo 5: Switch which checks having evacuated.

### 2.4 自動運転表示システム

自動運転表示システムとして、Photo 6 のようにLED表示ボードと回転灯を2か所ある加速器室の入口に設置してある。LED表示ボードはリンクターミナル・システムを使用しており、リンクターミナルとPLCをRS-232Cで接続しPLC内のデータレジスタにLED表示ボードに転送した表示画面のファイル番号を書き込むことで自動的に変更している。

回転灯はKEKで定められている、加速器運転中を示す黄色と主空洞や入射器空洞が超電導状態であることを示す緑色の回転灯を設置している。回転灯にはLEDの流動タイプを使用し、電球切れや反射板を回転させるモーターのメンテナンスを行わなくても良いものを設置している。

### 2.5 ブザーホン

加速器が運転を開始することを知らすために加速器室内2か所にPhoto 7のブザーホンを設置している。これにより、前述した非常停止ボタンの回転灯とともに聴覚的にも運転開始を確認させる仕組みとなっている。



Photo 7: Audible alarm.

### 2.6 その他の機器

上述した機器は加速器運転に必要な申請書に安全を確保するための機器として記載されており、必ず動作していなければならないものである。

実際の運転に関しては、更なる安全の確保や運転をスムーズに行えるようにするために、インターフォンとPhoto 8のような監視カメラを設置している。

監視カメラは加速器室内に11か所、東側・西側の加速器室の入口2か所の計13か所に設置し、制御室にあるPhoto 9右下のモニターにマルチ画面で常時表示している。また、この中の数点はエンコーダーを介してWebを使用してKEK内のLANからも見ることが可能となっている。また、このカメラは同軸給電方式のものを採用している。

インターフォンは子機を加速器室入口それぞれに設置し、親機を設置した制御室との会話が可能となっていて、運転前の加速器室内の退避確認を行う場合等で使用されている。



Photo 8.:Camera.

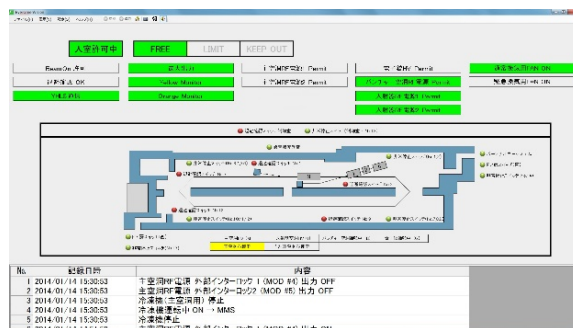


Figure 5: Image of SCADA.



Photo 9: Monitors in the control room.

実際には、パーソナルキーシステムのキーボックスを設置した19インチラックにPhoto 10の信号取り合い用のターミナルを設置し、ここにスレーブとなるIO機器5台と各種端子台・ターミナルリレーが取り付けられている。PLC本体とスレーブIO機器の1つは4芯のケーブル一本で接続され、各スレーブIO機器間は芋づる式に配線されている。これにより、今後接続すべきIO点数が増えスレーブ機器を増設しなくて行けない場合でも、配線は比較的楽になっている。



Photo 10: Terminal box.

## 2.7 PPS の状態表示

入射部までの運転の時には、PPS の状態を確認するために10インチのタッチパネル式表示器を使用していた。このタッチパネル式表示器は、例えば退避確認を開始するためのスイッチを配置するなど、PPS 用の操作画面としても使用している。このため、トップページでは PPS の状態を詳しくは表示出来ず、エラーの確認をする際にページ送りをする必要があったりと、必ずしも使い勝手の良いものではなかった。そこで、周回部の建設時に SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) を使用した Figure 5 のような PPS 状態表示画面を制御室に設置した 46 インチモニター (Photo 9 左下のモニター) に常時表示することとした。これにより、タッチパネルは PPS 用操作を主として、PPS 単体のログを含む各種表示はモニターで常に確認できるようになった。この画面の表示に関しては基本的に安全に加速器を運転できる状態の時を緑(青)もしくは黄色で表示することとし、赤表示が出ている時には異常状態である事を表すことにし、一目で PPS に異常状態が起きたかどうかを判断できるようにしてある。

## 2.8 配線

PPS 用の PLC 本体は制御室の隣にあるサーバー室に設置することとしたため、各機器からの信号線は直接 PLC 本体に配線せず、省配線システムを使用して、出来る限り各機器近くで接続出来るようにしてある。

## 3 PPS のロジック

PPS のロジック図が、Figure 6 である。このロジックは申請書にも記載されているものであり、PPS のプログラム(ラダー)はこのロジック図が完全に機能するように作成している。

実際にはこのロジックを実現するために、Figure 7 のように3つのモードに切り替わって動作するように作り込みを行っている。3つモードは「Free」「Limit」「Keep Out」と分けていて、Free モードは加速器停止中で加速器室内への出入りをパーソナルキーシステムで管理している。Limit モードは

運転前の退避確認が済んだ状態のモードで、ビームが出ていないときには、制御室からの許可で加速器室内への出入りが可能となるモードとなっている。Keep Out モードは加速器室への入室が出来ない状態のモードで加速器運転中がこれにあたる。

さらに、PPS のプログラムでは、例えばロジック図では単に「退避確認」と記載されているが、実際の退避確認時には退避確認の開始を PPS に知らせるために、制御室に設置してあるタッチパネル式表示器のスイッチを押してから退避確認を開始するようにしている等の機能も入っている。

このように一見複雑なプログラムとなりそうになっているが、PPS は安全システムの中でも、人にかかわる部分であり、最後の砦となる部分でもある。このため、プログラム作成時には、出来る限りシンプルな構成として間違えのないシステム構築を心がけた。

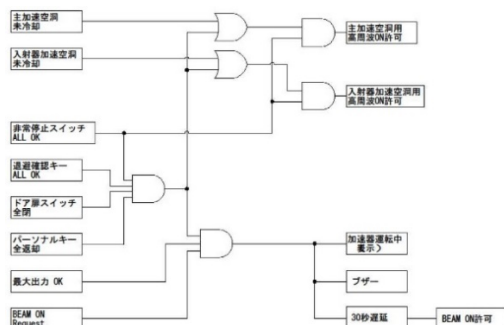


Figure 6: PPS logic.

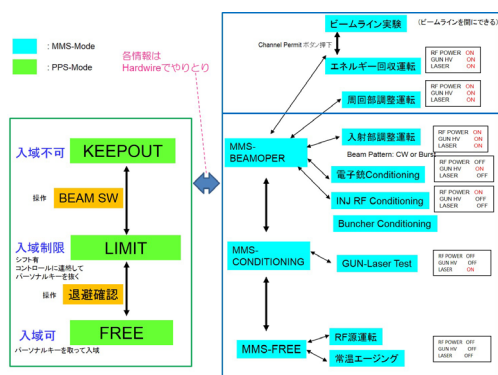


Figure 7: PPS-Mode & MMS-Mode.

#### 4. 今後

今夏（2014年夏）から「LCS ガンマ線ビームライン」の建設が行われる。今後はこれにあわせて PPS の小改造を行う予定である。実際にはビームラインでの実験を安全に行えるようにする実験用ビームラインの安全系の構築も進め、両システム間をハードワイヤーで接続し、PPS からは実験を行う時に必要なシャッターの開け閉め許可信号を出したり、実験用ビームラインの状態を PPS で受け取ったりを行う。

これら作業を進めて、2015年1月より実験を行うための調整運転が開始される予定である。

#### 参考文献

- [1] A. Shirakawa, et al., “加速器入域管理システムの増設”, 平成 22 年度熊本大学総合技術研究会, March 17-18, 2011.