

## Control application development for J-PARC Injection and Extraction

Shigenobu Motohashi<sup>A)</sup>, Takao Iitsuka<sup>A)</sup>, Makoto Takagi<sup>A)</sup>, Susumu Yoshida<sup>A)</sup>, Takahiro Matsumoto<sup>B)</sup>,  
Norihiro Kamikubota<sup>B)</sup>, Jun-ichi Odagiri<sup>B)</sup>, Noboru Yamamoto<sup>B)</sup>, Hidetoshi Nakagawa<sup>B)</sup>, Tadahiko Katoh<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> Kanto Information Service (KIS)

8-21 Bunkyocho, Tsuchiura, Ibaraki, 300-0045

<sup>B)</sup> High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

### Abstract

The control applications for J-PARC main ring Injection and Extraction are developed based on the EPICS toolkit. Injection septum magnet is controlled by an EMB-LAN controller, and Injection kicker magnet is controlled by a PLC controller. These controllers are accessed from an EPICS IOC. We developed the control applications for these magnets using a laptop computer including EPICS development environment. This article reports the status and result of the development.

## J-PARC入出射機器 制御アプリケーション開発

### 1. はじめに

J-PARCは、世界最高級の陽子ビーム強度を作り出す加速器群の建設を目指し、茨城県東海村にて、KEKとJAEAによる共同開発が進められている。陽子ビームは基礎研究分野や応用研究分野における最先端の研究に用いられる予定である。加速器群のうち、主リング (MR) 部分では、50GeVのビームエネルギーの実現を目指している。

MRの入出射機器には複数の機器がある。そのうち入射部分では、MRの前段加速器 (3GeVシンクロトロン、RCS) で3GeVにまで加速された陽子ビームをMRに取り込むために、入射セプタムと入射キッカー (非常に特殊な電磁石群) が設置されている。<sup>[1][2]</sup> 本稿では、これら2種類の入射機器 (電磁石電源) の制御アプリケーション開発について報告する。

### 2. MR入出射機器の制御 (概略)

#### 2.1 入射機器の制御コントローラ

制御アプリケーションから監視および遠隔制御するために、入射セプタムの電磁石電源は、制御コントローラとしてニチコン(株)のEMB-LANを内蔵している。一方、入射キッカーの電磁石電源は、電源外部に横河電機(株)のFA-M3 PLCを設置している。図1は、それら制御コントローラの外観写真である。



図1 : EMB-LAN(上) & PLC(下)

入射セプタム	入射キッカー
ニチコン(株) EMB-LAN	横河電機(株) FA-M3 PLC

表1 : 制御コントローラ

#### 2.2 EPICSについて

EPICS(Experimental Physics and Industrial Control System)は、制御システムを構築するための基盤になるソフトウェアツール群として、世界中の加速器や天文台等の大型実験装置にて使われている。

EPICSは複数のコンピュータ間で通信するために、IOC(Input/Output Controllers)と呼ばれるサーバを起動させ、CA (Channel Access)と呼ばれるネットワークプロトコルを使い、クライアント・サーバ通信を行う。

EPICSの詳細は、米国アルゴンヌ研究所のEPICSホームページ<sup>[3]</sup>などを参照されたい。

#### 2.3 入射機器用のEPICSデバイスサポート

サーバ側の計算機にてEPICSのIOCを起動し、電

源の制御コントローラに対応するEPICSレコードを生成する。クライアント側の計算機は、制御用の操作画面などからCAプロトコルを使ってEPICSレコードにアクセスする。EPICSレコードの読み書きを通し、EMB-LANやPLC等の制御コントローラのレジスタへの読み書きを行い、電源の機器状態の監視と設定を行う。

入射セプタムと入射キッカーのEPICSレコードを作製する時は、EPICSデバイスサポートのnetDev<sup>[4]</sup>を使う。EPICSのデバイスサポートとは、EPICSのIOCを実行する計算機が、制御対象の機器の制御コントローラと通信を行うために必要なドライバ類をまとめたものである。netDevはEPICSのデバイスサポートの一つで、Ethernet経由でEMB-LANとPLCなどに対する通信をサポートしている。

### 3. 現場でのEPICS環境整備

#### 3.1 EPICSの準備

動作試験を行った時点（平成19年3月および6月頃）では試験用入射機器がつくば側にあり、東海側のサーバ計算機（J-PARC制御標準のEPICS開発環境）に接続ができなかった。そのため、ノートパソコンに東海のサーバ機と同等のEPICS開発環境を構築し、つくば側の機器開発現場でstand-aloneでEMB-LANやPLCと接続し動作確認を行うことにした。

J-PARCのMRでは、制御用標準OSとしてScientific Linuxを推奨しているため、ノートパソコンにScientific Linux 3をインストールし、その上でEPICS開発環境（EPICS 3.14.7）のセットアップを行った。

試験した状況を図2に示す。ノートパソコン1台を、セプタム電磁石電源コントローラ(EMB-LAN)とキッカー電磁石電源コントローラ(PLC)の両方に、Hubを通して接続している。

#### 3.2 ノートパソコン上でのEPICS

ノートパソコン上にローカルのEPICS開発環境を構築し、つくば側で機器担当者と現場試験することで、次のようなメリット・デメリットがあることが判明した。

##### メリット

- 東海に移動する前の入射機器を、つくば側にて事前に動作確認できた。
- 開発したアプリケーションを、機器を良く知る担当者が現場で実際の機器の使い方に合わせて画面をカスタマイズできる。
- EPICS環境標準になっている部分（今回はnetDevの部分改修）の変更を行う必要がある時、他の人に影響を与えずに作業ができた。

##### デメリット

- EPICS関連ソースが個々のノートパソコン内で変更されてしまうため、どれが最新版かの特定や、変更時の差分確認が難しい。新しい

開発をした場合は、東海のサーバ機と共通のCVSサーバを使って、バージョン管理を行う必要がある。

- 東海のサーバ機の開発環境は常時更新されているが、ノートパソコンには更新が反映されない。定期的にノートパソコンの開発環境をCVSサーバから更新する必要がある。

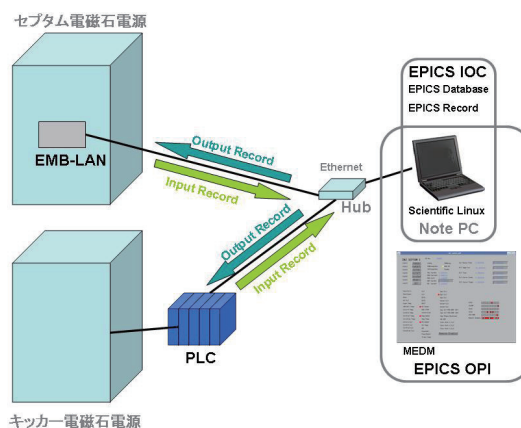


図2：試験環境の機器構成

### 4. MR入出射機器の現地試験

#### 4.1 EPICSのレコード

今回のEPICSアプリケーションでは、通信対象となるEMB-LANあるいはPLCのレジスタの使われ方に合わせ、電磁石電源からのインターロック情報の読み込みや、電磁石電源への電流値設定を行うlong型やマルチビット型等のレコードを用意した。

今回開発したアプリケーションの一例としては、以下のようなレコードを使用している。

- 「電圧 ON・OFF」「設定確定」等、選択したモードに対応するビットパターンを書き込むmbboDirect (Multi-Bit Binary Output Direct)型レコード。
- 「インターロック」「ステータス」の各種情報のビットパターンを読み出すためのmbbiDirect (Multi-Bit Binary Input Direct)型レコード。
- 上記mbbiDirect型レコードから各ビット情報を抜き出すためのbi (Binary Input)型レコード。
- 「電圧設定値」や「遅延時間設定値」等の入力をレジスタのビット情報に変換を行うao (Analog Output)型レコード。
- 上記ao型レコードとは逆に、レジスタのビット情報から「電圧設定値」「遅延時間設定値」への変換を行うai (Analog Input)型レコード。

#### 4.2 GUI画面の開発

EPICSのGUIツールの一つであるMEDMは、コンパイル不要のため、開発者が画面を使いながら、必要な変更を容易に加えることができる。input型のEPICSレコードの値を画面表示することで、レコード対象となる電磁石電源の状態を確認できる。あるいはoutput型のEPICSレコードを画面表示することで、対象となる電磁石電源の電流値設定やON・OFFが遠隔制御できる。

今回開発したMEDMアプリケーションの一例を図3に示す。MEDMの一つのボタンを押すとEPICSレコードがアクティブになり、制御対象機器のレジスタに対し読み込みや書き出しを行う、等の使われ方もしている。

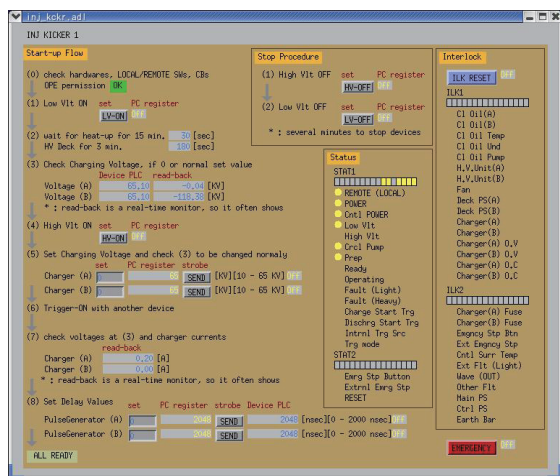


図3：入射キッカー制御画面 (MEDMで作成)

#### 4.3 現地接続試験

機器開発現場で、まずは電磁石電源をOFFにした状態で制御盤のみをONにし、EMB-LANやPLCのレジスタに対して、レコードの読み込みあるいは書き出しを行い、MEDMの画面表示を確認した。情報が表示されない部分や、設定値の読み返しが不適切なレジスタに対しては、netDevのデバッグコマンドを使うなどの方法で、EMB-LANやPLCと計算機間の通信電文を確認し、問題を特定・解決した。

機器コントローラとの通信が確立したのちは、機器制御盤から電磁石電源を起動して、機器担当者の確認の下で機器のON・OFF等の操作をMEDM画面から行い、以下の確認を行った。

- 機器制御盤の表示とMEDM画面表示値(ステータス、インターロック情報)を比較して、値が同じことを確認。
- 電流設定値など、読み返し値の計算式(線形変換式)の結果が、実際の設定値に比べ適切かどうかを確認。
- 入力値に制限を行っている項目に対し、範囲外の値を入力し、制限がかかるかどうかを確認。

#### 4.4 制御アプリケーションの引渡し

アプリケーションの動作確認をした時に、入出射機器の担当者に、動作確認をしたノートパソコンをアプリケーション込みで引き渡した。MEDM画面は、実際に使う機器担当者が容易に変更を加えられることが強みの一つと考えている。しかし、本来制御グループでは無い入出射機器の担当者は、EPICSに不慣れな人もいる。

そのため、入出射機器グループの担当者に対して、開発したEPICSアプリケーションを起動する方法を説明する資料や、EPICSのデータベースの構成を説明する資料を作成した。また、命名規則に従いレコード名を決める過程で、命名規則により一意に決まるレコード名が、電磁石電源のどの状態を指すものなのかを説明する資料も用意した。技術資料は内部Webページに整備し、担当者がダウンロードして確認できるようにした。

### 5. まとめ

入射セプタムと入射キッカーの電磁石電源に対する制御用アプリケーションを、EPICSツールキットを使って準備した。

つくばの機器試験現場にノートパソコンを持ち込み、東海の本番前に制御用アプリケーションを動作確認できた。現地試験の結果、ステータス情報やインターロック情報、電流設定値やPower ON・OFF等の情報を、MEDM画面を使って制御可能であった。

入出射機器を良く知る担当者が、今後アプリケーションのカスタマイズを進めることができるように、必要な資料を用意した。

### 参考文献

- [1] Kuanjun Fan, "Field measurements and eddy current effects compensation of a high-field septum magnet for J-PARC", 本学会
- [2] 中村英滋, "J-PARC MR 入射系キッカー電磁石システム", 本学会
- [3] EPICS Home Page <http://www.aps.anl.gov/epics/>
- [4] 小田切淳一, "ネットワーク・ベースのデバイスのためのEPICSデバイス/ドライバサポートモジュールの開発", Proc. of the 3rd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and 31th Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, Japan, Aug 2006