

## RCNP 制御更新とレガシーシステムの EPICS 化

### CONTROL SYSTEM UPGRADE AND INTRODUCING EPICS ON LEGACY SYSTEM AT RCNP

依田哲彦<sup>#, A)</sup>, 神田浩樹<sup>A)</sup>, 福田光宏<sup>A)</sup>

Tetsuhiko Yorita<sup>#, A)</sup>, Hiroki Kanda<sup>A)</sup>, Mitsuhiro Fukuda<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> Research Center for Nuclear Physics, Osaka University

#### Abstract

The Research Center for Nuclear Physics (RCNP) has an accelerator facility equipped with an AVF cyclotron and a ring cyclotron. It supplies ion beams and RIs for joint usage and research with domestic and foreign research institutions and enterprises. Upgrade work on the accelerator facility has begun in 2019 to revive the AVF cyclotron and improve the performance and functionality so that it can supply high-quality beams with higher intensity. During this upgrade, the control system consists with hard wired relays complex and SCADA with PLC and UDC is also updated and modified. At the same time, EPICS system is introduced partially including legacy UDC system for ion sources complex instead of SCADA system. The brand-new DEVICE PUPPORT was made for this legacy UDC this time.

#### 1. はじめに

大阪大学核物理研究センター(RCNP)では現在、K140 AVF サイクロトロン改造を中心としたサイクロトン施設の更新が実施された。この AVF サイクロトロン更新では、加速電極をシングルディーからツーディーに変更する改造、トリムコイルの新規入れ替え、軸入射ラインの新規製作、真空度向上を目指した真空箱改造と排気システムの刷新などが行われた。これに伴い、新規導入される RF 関連機器の制御の追加や、約 50 年来使用され老朽化の懸念があるリレー制御盤を、PLC などを利用しながらコンパクト化するという制御システムの更新も実施した。また、RCNP の加速器の制御はこれまで SCADA システムである Wonderware InTouch を利用して行われているが、部分的に EPICS への移行も進められた。これにより、システム拡張をする際の作業が大幅に

容易になることを期待され、また、機械学習による運転の最適化の仕組みを構築する際も、他機関との連携がとりやすくなると考えられる。この EPICS 導入に際し、大量に残存するレガシーシステムが大きな障壁となっている。

#### 2. 制御系更新計画2019～

AVF サイクロトン更新開始直前の RCNP の制御システムは70年代以降使われ続けてきたリレー盤によるハードワイヤードのインターロックシステム、及び Wonderware 社の SCADA システムである InTouch により Programmable Logic Controller (PLC) と Universal Device Controller (UDC)[1,2]を制御するシステムで構成されていた。大まかな構成図をFig. 1に示す。InTouchの下で PLC は OPC Sever である FA Server を介して制御される。UDC は Intel i8344 マイクロコントロールチップにより電磁石等の各機器をプログラム制御するマイコンボードである(Fig. 2)。この UDC と SCADA システムとの情報のやり取りは VME BUS 上の Message Tree Communicator (MTC)ボードと呼ばれる光リンク制御ボードを介して制御される(Fig. 3)。2019 年度から 2021 年度にかけて AVF サイクロトン更新工事のためマシン停止中となった機会を生かして、これらの制御システムについて、いくつかの更新を実施している。

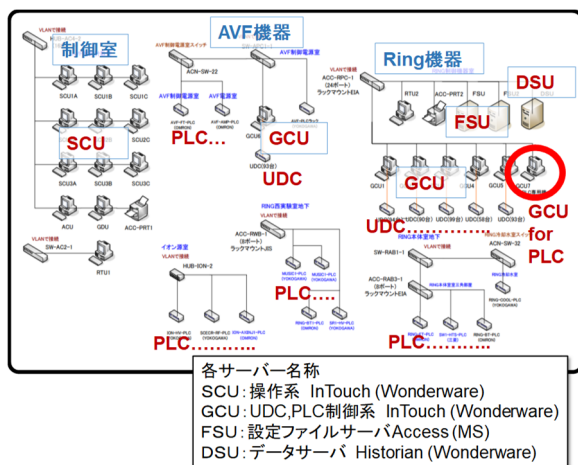


Figure 1: Diagram of control system at RCNP until 2018FY.

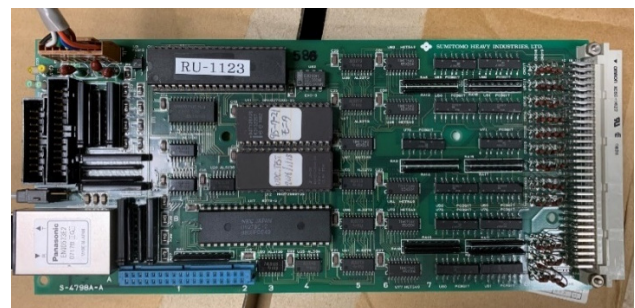


Figure 2: UDC board installed in devices. The data communication to host MTC is done by optical link.

<sup>#</sup> yorita@rcnp.osaka-u.ac.jp

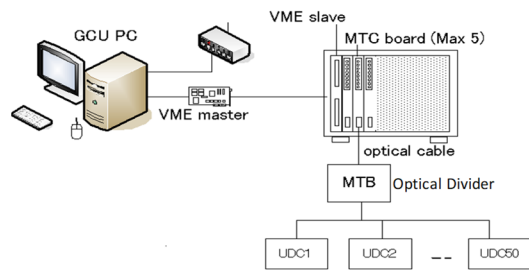


Figure 3: Diagram of MTC-UDC system. MTB in this figure is hub of optical links. PC named GCU with Windows7 has controlled these systems.

### 3. リレー盤の更新

まず、リレー盤で構成されていたインターロックの更新実施した(Fig. 4)。リレー盤は 1975 年に AVF サイクロトロンが建設された当時から使い続けられてきたものであるが、老朽化による動作不良や将来的に部品供給が停止しうることが懸念されるため、リレーターミナルへの集約と PLC による監視システムの構築を実施した。マグネット等の保護などに関わる部分についてはハードワイヤードインターロックを引き続き使用する形となっている。

### 4. EPICS の部分的導入

先述のとおり RF 系電源、アンプや真空コントローラーなどの機器が刷新される。これらの部分の制御更新に際し、過去の運用をそのまま適用できるものについては InTouch による SCADA 制御を継続する。これは、AVF サイクロトロン更新工事後のコミショニングにおいて、動作に不安がある部分を極力減らすという意図によっており、つまりは事前の動作テストに十分な時間が割けないことに対し、使用経験が十分あるものをまずは使うという次



Figure 4: Relay system has been renovated with relay terminals. These are monitored and controlled by PLC.

善策である。但し、今回新規導入された RF 系の機器は制御が Ethernet 経由での SCPI であったため、InTouch に組み込むよりも、EPICS で制御システムを構築する方がマンパワー的に楽であったため、最初から EPICS での運用を開始した。

イオン源に関わる PLC 群も最初から EPICS での運用としている。イオン源関連機器は規模があまり小さくなく、また、もともとスタンドアロンで動いていた機器も多かったためである。

OPI は CSS、データアーカイバーは Archiver Appliance を使う方針としている。

なお、制御全体を一気に EPICS 化しないという方針は先述のとおりマンパワー等の問題により AVF サイクロトロンのビームコミショニングまでの事前準備に十分な時間を割けないことによるが、もう 1 点、先述のレガシーシステムである UDC の EPICS 化のノウハウがないことが大きなハードルとなっている。また UDC は現状 InTouch での制御においては、PC 上の PCI スロットで使用している VME I/O デバイスによって MTC を制御することでデータのやり取りがされているが(Fig. 3)、この VME I/O デバイスが生産終了品で現状 Windows7 によりギリギリ動作している状況である。つまり Windows10 では動作しない。また、PC のチップセットの新しいものを導入すると PCI バスのレイテンシーの問題でやはり動作しない。よって SCADA を使い続けるにしても、EPICS に置き換えるにしても、VME バス経由で MTC を制御する部分のデバイスドライバや API の Windows10 もしくは Linux での新規開発が急務となっている。

#### 4.1 UDC そのものについて

UDC のマイコン(Fig. 2)は PL/M で記述されたプログラムで動いている。これ即ち、もはや理解不能のブラックボックスであり、新規プログラミングは自前では無理な状況である。ただ、ユーザータスクの ROM バックアップを自前で ROM にライトする環境は Windows10 で整っているため、当面の故障対応は予備品によりできる状況にある。更に言うとも機器の更新等により廃止されたボードを予備品として多数整備してある。UDC が使えなくなる懸念は当面ないため、コストのことなどを勘案して、UDC を PLC 等に置き換えることはせず、UDC はそのままに上位側を EPICS 化したいと考えている。

#### 4.2 VME ボード CPU による UDC 機器制御開発

UDC と InTouch の I/O に使用している VME デバイスが生産終了品で、且つ最新 PC では動作しない問題に対し、件の PC(Windows7)及び VME デバイス(PCI)を VME ボード CPU へ置き換え、EPICS 化することで解決を図ることを検討した。VME ボード CPU として、Sanritsu SVA061 を導入した(Fig. 5)。CentOS7 を OS としてインストールしたうえで Sanritsu 社提供の VME デバイスドライバにより MTC 通信制御プログラムを新規開発した。この際、SPRing-8 で過去に開発された Solaris 版の MTC ドライバを参考した。

まず、MTC に接続される UDC が 1 台の場合について、DEVICE SUPPORT から VME ドライバ経由で UDC と 1 対 1 の直接通信するものを作ることで EPICS 制御ができるようになった。この開発がうまくいった結果、イオン





Figure 5: MTC with newly installed VME CPU.

源関連機器で唯一 UDC が残存していた 10GHz RF 電源制御が可能となったため、EPICS での運用を開始した。

一方、MTC-UDC 間の通信は 2 バイトのコミュニケーションレジスタを介してのハンドシェイク(375 kbps)なので、MTC1 台に対して複数の UDC とやり取りする場合は、通信の衝突が懸念され、また UDC からの割込みもかからないことから、UDC と MTC 間の共有レジスタを常時スキャンするプログラム、あるいはドライバを VME-CPU 上で IOC とは別に走らせ DEVICE SUPPORT との間で共有メモリ等によりレジスタを共有する等の工夫が必要と考えられる。これについては目下鋭意開発中である。

## 5. その他のレガシーシステムについて

生産完了品など、ある意味レガシーな機器類の EPICS 導入について 2 点ほど例を示す。

### 5.1 Graphtec midi-Logger GL900-4, GL900-8

Figure 6 に示したこのログラーについて、後継機である 20Ch の入力を備えた GL840, GL820 用の IOC が EPICS-Users JP[3]よりダウンロード可能であった。これがそのまま GL900-4, GL900-8 でも利用可能であった。但し GL820App/Db/GL820.db において設定されている 20 あるポートのうち、余分なポートを削除し、また、ヘッダーファイル GL820App/src/drvGL820\_Cmnd.h の #define PORT\_COUNT を 20 から 4 又は 8 に変える必要はある。



Figure 6: Data logger GL900-8 with 8Ch inputs. GL900-4 with 4Ch inputs also used.

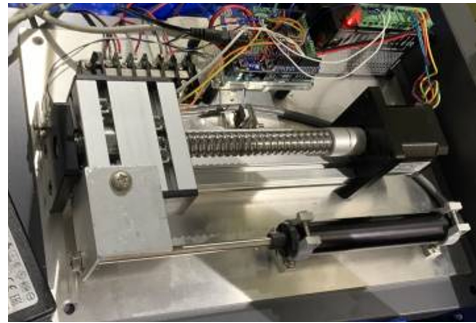


Figure 7: Mechanical control for potentiometer.

### 5.2 電磁石電源 TAKASAGO GP-035-50

古いタイプのもは 0~10 V 制御用の口がなく 0~500  $\Omega$  の抵抗値でリモート制御するタイプのものだったため、ポテンショをモーター駆動して入力抵抗とする制御をできるようにした(Fig. 7)。デジタルポテンシオメータの利用も検討したが、分解能の問題で今回は見送った。モーター駆動は Arduino と CNC 用のモータードライバを利用した。IOC は Raspberry Pi 3B 上で走らせ Arduino とは USB 接続し Stream Device を使ってステップ数のやり取りを行った。テスト結果は良好で、とくに問題は見られなかった。

## 6. まとめ

2019~2020 年度に実施されている AVF サイクロトロン工事に際し、制御機器の更新を行った。長年使われてきたリレー盤の更新や機器更新に伴う新規制御系構築などを実施している。この際、イオン源関連機器や RF 電源類に関して既存の SCADA システムから EPICS への移行を部分的に進めた。また、将来制御全体を EPICS 化する際のハードルとなる UDC の EPICS 化についても道筋を見出した。今後、マンパワーをかけて順次制御の更新を進めていく。

## 参考文献

- [1] T. Yamazaki *et al.*, “CONSTRUCTION AND SYSTEM TUNING OF CONTROL SYSTEM FOR THE RCNP RING CYCLOTRON AND BEAM LINES”, Proceedings of 12<sup>th</sup> International Conference on Cyclotrons and their Applications, p252 (1989).
- [2] T. Yorita *et al.*, Proceedings of PASJ2020, FRPP23; [https://www.pasj.jp/web\\_publish/pasj2020/proceedings/PDF/FRPP/FRPP23.pdf](https://www.pasj.jp/web_publish/pasj2020/proceedings/PDF/FRPP/FRPP23.pdf)
- [3] <http://cerldev.kek.jp/trac/EpicsUsersJP/>