

## RCNP 加速器制御系更新と EPICS の部分的導入

### UPDATING OF CONTROL SYSTEM AND PARTIAL INTRODUCTION OF EPICS AT RCNP

依田哲彦<sup>#</sup>, 神田浩樹, 福田光宏

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

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. In recent years, the frequency of short-lived RI production and use of secondary particle beams such as neutrons, muons, and unstable nuclei has been increasing. In addition, the frequency of serious failures due to aging for almost 50 years has increased. Therefore, 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 for ion sources complex instead of SCADA system.

#### 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ている。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ている。これに伴い、新しく導入される機器制御の追加や、老朽化の懸念がある約 50 年来使用されてきたリレー制御盤の PLC 化などの制御システムの更新を実施している。この制御システム更新の機会に並行して、将来的に EPICS フレームワークの制御システムに移行することを見据えた、各種テストも実施している。現在 SCADA システムを基本としてサイクロトロン制御が行われているが、EPICS に移行すること

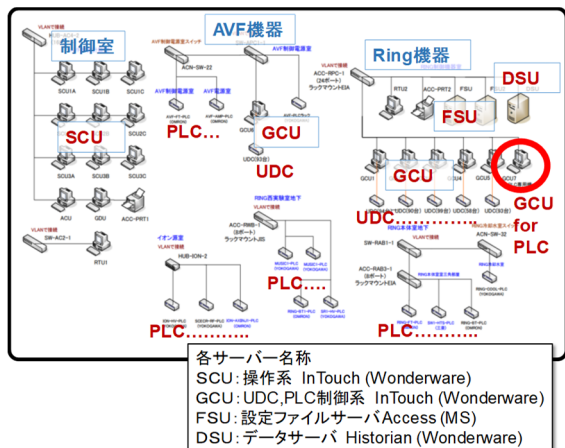


Figure 1: Configuration of control system of RCNP before 2018.

により将来、システム拡張をする際に作業が容易になることを期待している。また、ビームスポット画像などの多様な診断系データと運転パラメータのデータの組み合わせから、機械学習による運転の最適化を進められる仕組みを構築することも考慮している。

#### 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]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ボードである。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. 2)。これらの制御システムについて、2019 年度から 2020 年度にかけて

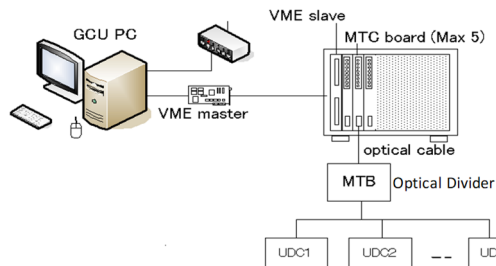


Figure 2: Configuration of UDC and MTC. MTB is the hub of optical fibers. MTCs are controlled by Windows 7 PC named GCU.

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

AVF サイクロトロ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、いくつかの更新を実施している。

まず、リレー盤で構成されていたインターロックの PLC 化を実施している。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が懸念されるため、PLC への置き換えを実施した。ただし、マグネットの保護などに関わる部分、万が一の PLC の通信遅延により重大損傷が起こる可能性が懸念される部分についてはハードワイヤードインターロックを改めて敷設する。

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、基本的な方針は 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ッションングにおいて、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善策である。

一方で、将来的に制御系全体を EPICS へ置き換えることを見据えて、部分的併用を進め、そうして EPICS 制御に対する経験値を順次上げていくという方針を取る。EPICS は IOC が分散されて構成されているため、機器構成の拡張の際、制御部分を適宜追加していく作業が容易であるということを利用するという意味合いでもある。2019 年度はイオン源関連機器を中心に EPICS 化を進めている。イオン源関連機器は規模があまり大きくなく、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、制御システムの入替のテストにちょうどよい対象となる。部分的に EPICS を導入し既存の SCADA と併用する概念図を Fig. 3 に示した。図で示したように 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 のビームコミッション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、UDC の EPICS 化が大きなハードルとなっている。UDC は現状、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、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。

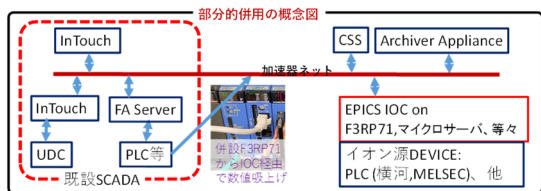


Figure 3: The conceptual scheme of partial introduction of EPICS.

### 3. イオン源関連機器の EPICS テスト

2019 年にイオン源関連機器の EPICS 化に向けて、以下の項目について順次動作テストを行った。また、将来の制御全体を EPICS に移行することを見据えたテストも行った。

#### 3.1 Yokogawa F3RP71 での IOC 動作テスト

イオン源からの Low Energy Beam Transport (LEBT)におけるマグネットや静電レンズの電源制御、スリットやファラデーカップの駆動制御に Yokogawa の PLC を使用している。これらの制御を Linux CPU モジュールである F3RP71 上に構築した IOC により制御するテストを行った。テスト結果は良好で、とくに問題は見られなかった。

#### 3.2 各種 Stream Device 動作テスト

ファラデーカップの電流読み出しに使用する 10Ch マルチメータ Tektronix DMM6500 など各種 Stream Device の制御テストを行った。こちらのテスト結果も良好であった。テストは CentOS7 が走るデスクトップ PC 上に IOC を構築してデバイスとは SCPI 等で通信を行った。今後は IOC をマイクロサーバなどの小型マシンで動作させて制御することをテストしていく。

#### 3.3 Archiver Appliance 長期運用テスト

データアーカイバーとして Archiver Appliance を利用する方針としているが、長期運用で問題が発生しないかのテストを行った。アーカイブテストでは、Raspberry Pi の GPIO に接続された 1-Wire の温度計の室温測定データを Raspberry Pi の IOC より取得した。4 ヶ月程度連続してアーカイブした様子を Fig. 4 に示す。結果は概ね良好だが、時々アーカイバー側でデータの取得が勝手に止まるという現象が見られた。原因究明中だが、おそらくアーカイバーのテストに使用した中古デスクトップ PC のメモリが 4 Gbyte 程度しかなかったことによるものと推察される。これについての解決策としては専用のサーバ構築を予定している。

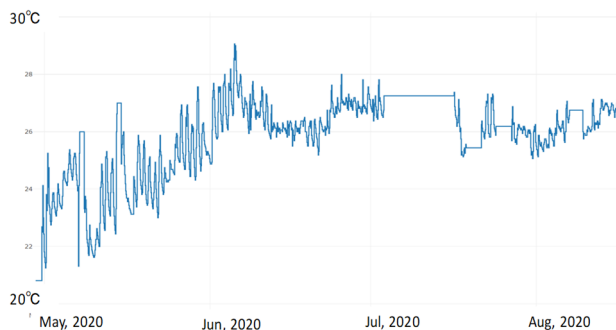


Figure 4: The archive data of room temperature taken by Archiver Appliance for long term. The temperature measured by 1-Wire device connected to GPIO of Raspberry Pi. It is seen that archiving has been stopped unintentionally.

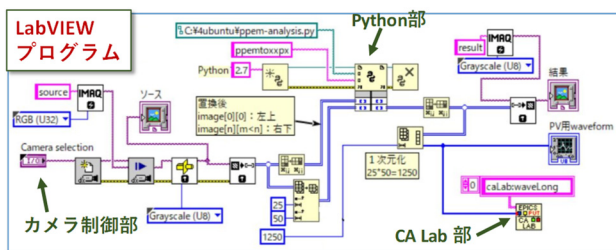


Figure 5: The LabVIEW program for camera control of PPEM using CA Lab [2].

### 3.4 カメラ制御とデータ保存

既存のビームプロファイルモニターやペッパーポットエミッタンスモニターのデータを EPICS で取り扱う仕組みとして、CA Lab [2]を使い LabVIEW 上でカメラから取得した画像を Python で任意の処理を施して waveform で PV に流すテストを実施した。この PV データを LEBT 系のマグネットなどのデータとの組み合わせることにより、機械学習によるビーム調整機構の開発に利用することを見据えている。ここで、カメラ制御のプログラミング作業の簡素化という意味で LabVIEW を使っている。今回作成した LabVIEW のプログラムは Fig. 5 に示したとおりで、テストの結果、カメラ画像を Python で処理したデータを PV に流すことが問題なくでき、CSS で受け取れることも確認できた。

### 3.5 OPC サーバー(FA Server)との通信テスト

BESSY で開発された OPC Device Support [3]を使い FA Server 経由で PLC を制御するテストを実施した。これは InTouch にぶら下がってる PLC をそのまま EPICS 制御に移行する仕組みとして使えるかどうかをテストするという意味合いである。結果は良好で、制御系全体を EPICS に移行する際には、移行作業の省力化の観点で強力なツールとなりうる事が分かった。

### 3.6 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 をテスト的に導入した。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ている。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。簡単なテストプログラムにより、UDC 上の 128 byte のコミュニケーションレジスタとのやり取りを SVA061 からできることを確認した。よって、SVA061 上に EPICS IOC を構築することで UDC を EPICS で制御する道筋が見えてきた。

## 4. まとめ

2019~2020 年度に実施されている AVF サイクロtron 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 PLC 化や機器更新に伴う新規制御系構築などを実施している。また、イオン源機器に関する部分に関して既存の SCADA システムから EPICS への移行を進めている。各種 IOC の試験を実施し、イオン源機器制御の EPICS 化の目途を立てた。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。

## 謝辞

EPICS のテストに際し、EPICS USERS JP [4]を大いに参考にした。また KEK の上窪田紀彦氏、山本昇氏、山田秀衛氏、RIKEN の内山暁仁氏に多大なるご協力をいただいた。また MTC 制御に関し JASRI の増田剛正に多大なるご協力をいただいた。この場を借りて謝意を示す。

## 参考文献

- [1] T. Yamazaki *et al.*, Proceedings of 12<sup>th</sup> International Conference on Cyclotrons and their Applications, p252 (1989).
- [2] <https://hz-b.de/calab/>
- [3] <https://www-csr.bessy.de/control/SoftDist/OPCSupport/>
- [4] <http://cerldev.kek.jp/trac/EpicsUsersJP/>