

RCNP における制御の EPICS 移行と機械学習の導入

UPDATING CONTROL SYSTEM WITH EPICS AND MACHINE LEARNING METHOD AT RCNP

依田 哲彦#, 神田 浩樹, 福田 光宏

Tetsuhiko Yorita #, Hiroki Kanda, Mitsuhiro Fukuda

Research Center for Nuclear Physics, Osaka University

Abstract

The upgrade work on the accelerator facility of Research Center for Nuclear Physics (RCNP) has been carried from 2019 to 2021 for the purpose of reviving 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. The modification includes introducing EPICS except for the SCADA and about 5% equipment is controlled by EPICS now. Rest of control system under SCADA includes about 850 legacy UDC boards. So multi UDC driving application has been newly developed this time. Machine learning system also constructed not only for the EPICS but also for SCADA, and higher intensity beam might be achieved with these systems and some machine learning frameworks.

1. はじめに

大阪大学核物理研究センター (RCNP) では 2019 年から AVF サイクロトロン改造を中心としたサイクロトロン施設の更新が実施されてきた[1-3]。更新の機会に、制御系もリレー制御を廃止するなどの制御系の更新作業が実施された。この制御の更新では、旧来の SCADA システム Wonderware InTouch による制御を EPICS[4]への移行することも進めてきた。現状では EPICS が制御全体の 5%、残り 95%が InTouch という混在状態となっている (Fig. 1)。この EPICS の割合を早急に 100%にすべく、レガシーシステムなどの EPICS 化作業に向けた基礎的な開発、特に SHI 製のマイコンボード UDC 制御システム[5]の EPICS 移行の仕組みづくりを進めてきた。UDC は 1992 年から稼働している RCNP のリングサイクロトロンの建設の際に導入された制御用マイコンボードで、使用されている Intel8344 チップは既にディスコンであるため、本来は現在入手可能な別のものに置き換えを進めるべきところではあるが、予算的な都合と、意外と堅牢に稼働しているという理由から、引き続き利用を続けることとしている。これらの EPICS 移行作業と並行して、現状の EPICS、SCADA 混在状態においても機械学習を導入で

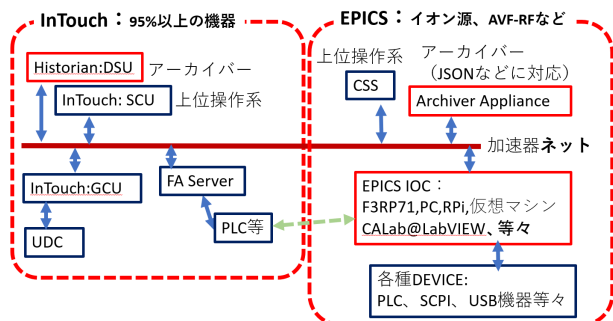


Figure 1: Overview of current control system at RCNP.

きる仕組みの構築も実施した。

2. UDC の EPICS 化

RCNP の制御システム EPICS 化作業の最大の障壁は 540 枚ほど残存しているマイコンボード UDC による機器制御部分である。UDC については EPICS での運用例が存在しないことから、新規でプログラム開発をする必要がある。UDC を総括制御するホストボード MTC は VME バスにおいて稼働しているが、これをまず Linux から制御すべく、過去の仕様書の情報や SPring-8 など他施設で使用されていた時の情報などを基に、ドライブするプログラムを作成した。Linux は MTC と同じ VME ラックに配置されている VME ボードコンピューター Sanritz 社製 SVA061 で稼働している。Linux のバージョンは今回 CentOS 7 を利用したが、これはメーカー提供の VME バスドライバーソフトの対応状況の都合である。ドライバーが更新され次第、OS もアップグレードする予定である。

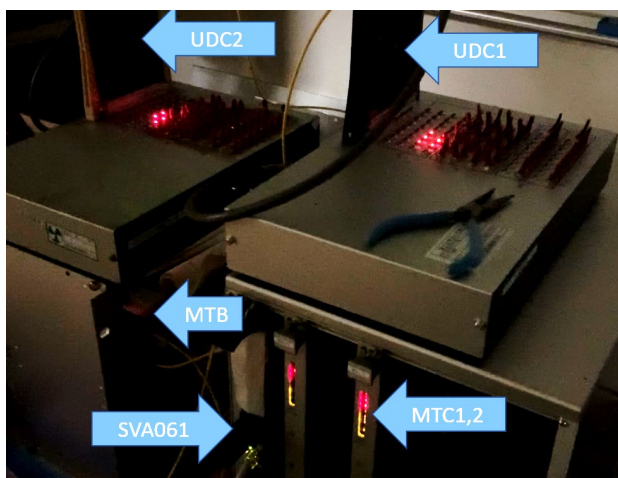


Figure 2: Test of new control application for multi MTCs and multi UDCs.

yorita@rcnp.osaka-u.ac.jp

MTC の制御プログラムはプロトタイプが既に完成しており MTC 1 台に対して UDC が一枚のみの場合の制御が限定的に可能な状態で、イオン源の RF 電源にて既に運用した実績がある[3]。今回、複数の MTC を制御できるようにすべく、MTC 制御プログラムを新たに開発した。ここで UDC, MTC を制御するとは、MTC-UDC 間でハンドシェイクを行い UDC が保有する CRG と呼ばれる 128 バイトのレジスタの読み書きをするということになる。CRG にはビット情報や、設定値等の数値情報、機器制御に関するテーブルデータなどが格納されている。UDC との通信はハンドシェイクによるため、複数の UDC に同時にアクセスするわけにいかない。よって新規開発した MTC 制御プログラムでは Linux 上の共有メモリに仮想 CRG を作成し、MTC 配下の UDC すべてと順番にハンドシェイクを繰り返しながら、CRG の情報を仮想 UDC に反映させつつ、仮想 UDC 側で情報更新があった場合は UDC のその情報を CRG に反映させる仕組みとした。この仮想 CRG は EPICS IOC と DEVICE SUPPORT コードにより共有され、結果、EPICS により UDC が制御される。プログラム開発後 UDC 2 台でのテストを行ったが、問題なく稼働した(Fig. 2)。また、長期安定性の試験を実施したところ、1 週間に数回程度の頻度で、ハンドシェイク中に UDC から返事がないケースが見受けられたが、タイムアウトとハンドシェイクのやり直しの仕組みを入れることで、長期的に問題なく稼働することも確認された。この新しい MTC 制御プログラムの開発の完了により、EPICS 移行作業の最大の障壁が解消され、今後、順次各機器の EPICS 移行作業を進めていけることとなった。

3. Operator Interface としての InTouch

EPICS 移行作業で、もう一つ大仕事となると考えられるものに、Control System Studio(CSS)[6]などを利用した Operator Interface(OPI)の開発がある。現状の InTouch は内部でソフトウェア的にインターロックロジックやシーケンシャル処理が組み込まれているためこれらの処理を確実な動作確認をしながら CSS に移行することは、かなり大きな作業量となることが考えられる。この OPI の開発の労力を削減するため、InTouch を OPI として利用可能か検討を行った。InTouch 自身は EPICS の Process Variable

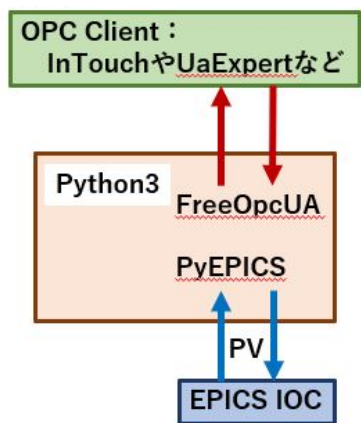


Figure 3: Concept of OPC server for EPICS IOC using FreeOpcUA.

(PV)をやり取りすることはできないが、OLE for Process Control(OPC)のやり取りは可能である。EPICS の Python ライブラリである PyEPICS[7]と OPC サーバー・クライアントのライブラリである FreeOpcUA[8]によって、EPICS PV を OPC で読み書き可能なものに変換する Python プログラムを準備した(Fig. 3)。今回は OPC のクライアントとして InTouch の代わりに UaExpert[9]で動作テストを行ったが、問題なく情報のやり取りが可能である結果となった。

4. 機械学習環境構築

近年 RCNP では機械学習による機器調整などの研究が進められている[10]。機械学習の手法は様々にあるが共通して言えることは、Python により機械学習のプログラムを組むのが、唯一の解ではないものの、世に存在する様々なライブラリを簡単に利用できるという意味で、非常に便利であるということである。よって Python のプログラムと加速器制御をどう結び付けるかが加速器の機械学習において重要事項となってくる。例えばベイズ最適化による自動運転を実施しようとするとき、EPICS の場合だと Python より PyEPICS を利用して PV のやり取りをすることとなる。このように EPICS が既に導入されているなら非常に簡単に機械学習の導入ができるが、InTouch 混在状態の場合はひと工夫が必要となる。幸いにして RCNP の InTouch には PCP Comm と呼ばれる Winsock 準拠のポートが準備されていた。このポート経由で EPICS Stream Device により InTouch の Tag の制御を EPICS IOC から実行することが可能であり、この IOC の PV と PyEPICS で機械学習が可能となる(Fig. 4)。一方、他の機械学習の例として、ニューラルネットワークを利用して非常に多数の加速器制御パラメータを解析する手法についても考える。ニューラルネットによる解析はやはり Python ライブラリを使うのが便利であるが、その際、解析するデータは CSV 等の形式で準備して、Pandas や NumPy といった配列関係の Python ライブラリを利用して読み込むこととなる。この CSV データの準備方法として、EPICS の場合は例えば Archiver Appliance[11]にアーカイブされているデータから Python スクリプトなどで簡便に取得することができる。InTouch の場合はデータアーカイバである HISTORIAN からデータを取得する Excel アドインが準備されているので、これを利用することになる。但し、このアドインでは RCNP で使用している PC は古いためか 50Ch 以上のデータを取得しようするとハング

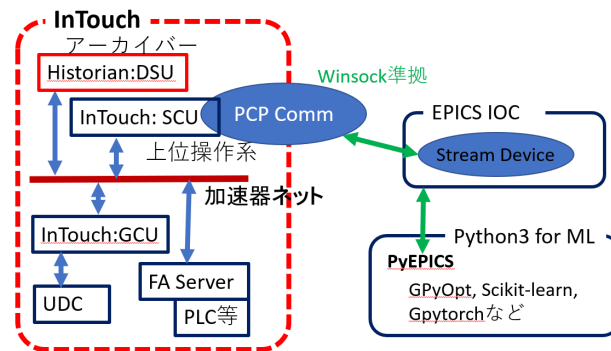


Figure 4: Concept of InTouch control from Python via PCP Comm port.

PASJ2023 THOA8

アップしてしまうため、分割でデータ取得する必要があり、非常に時間がかかってしまうのが難点である。

5. まとめ

RCNP では 2019～2021 年の AVF サイクロロン更新工事に機会に EPICS 移行を開始した。いくつかの機器については移行が完了し、現在 RCNP の制御は EPICS 約 5%、InTouch が 95%という混在状態となっている。この EPICS 移行作業において、最大の障壁であった複数の UDC を EPICS から制御するシステムの開発をようやく完了した。今後マンパワーをかけて移行していくことになる。この EPICS 移行が完全に完了した暁には、InTouch ではやや非効率である機械学習の研究が効率的に大いに発展することも期待される。

参考文献

- [1] T. Yorita *et al.*, Proc. of PASJ2020, p.728.
- [2] T. Yorita *et al.*, Proc. of PASJ2021, p.921.
- [3] T. Yorita *et al.*, Proc. of PASJ2022, p.532.
- [4] <https://epics.anl.gov/>
- [5] T. Yamazaki *et al.*, Proceedings of 12th International Conference on Cyclotrons and their Applications, p.252 (1989).
- [6] <https://controlsystemstudio.org/>
- [7] <https://pyepics.github.io/pyepics/>
- [8] <https://github.com/FreeOpcUa>
- [9] <https://www.unified-automation.com/products/development-tools/uaexpert.html>
- [10] Y. Morita *et al.*, J. Phys.:235 Conf. Ser. 2244 012105, 2022.
- [11] http://slacmshankar.github.io/epicsarchiver_docs/