

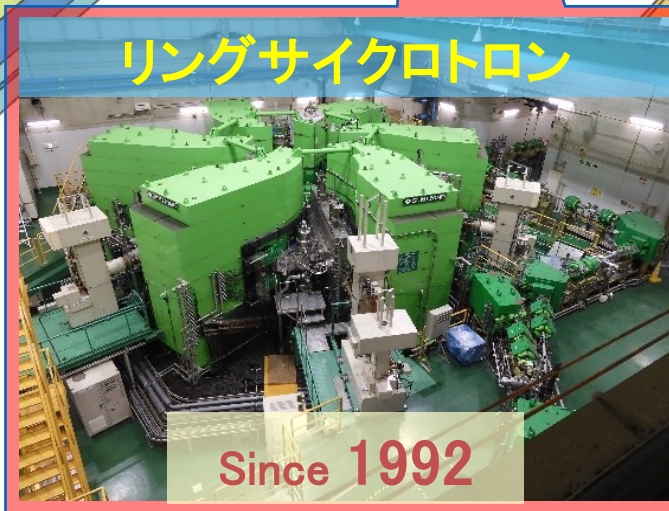
RCNPにおける制御のEPICS移行と 機械学習の導入

依田 哲彦, 福田 光宏, 神田 浩樹 (阪大RCNP)

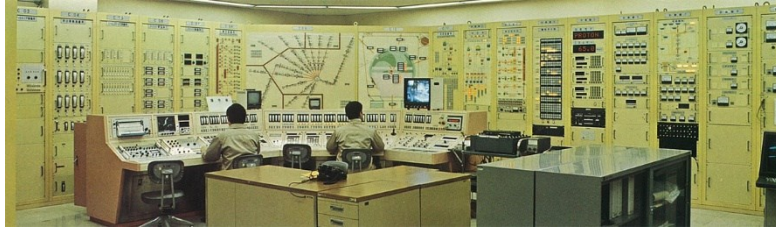
Contents

- RCNPサイクロトロン施設の制御の概要
- EPICS移行
 - 動機
 - 要素開発
 - 今後の展望
- 機械学習の導入
 - 現状の取り組み

RCNPサイクロترون施設



制御室の写真で見るRCNP50年の制御の歴史



~ 1991 (AVFサイクロトロンのみ)

電子CP盤
リレー制御



1991 ~ 2005 (リングサイクロトロン建設以降)

VAX-UDC制御 (VAX II x2, RTVAX x3),
リレー制御



2005 ~ 2012

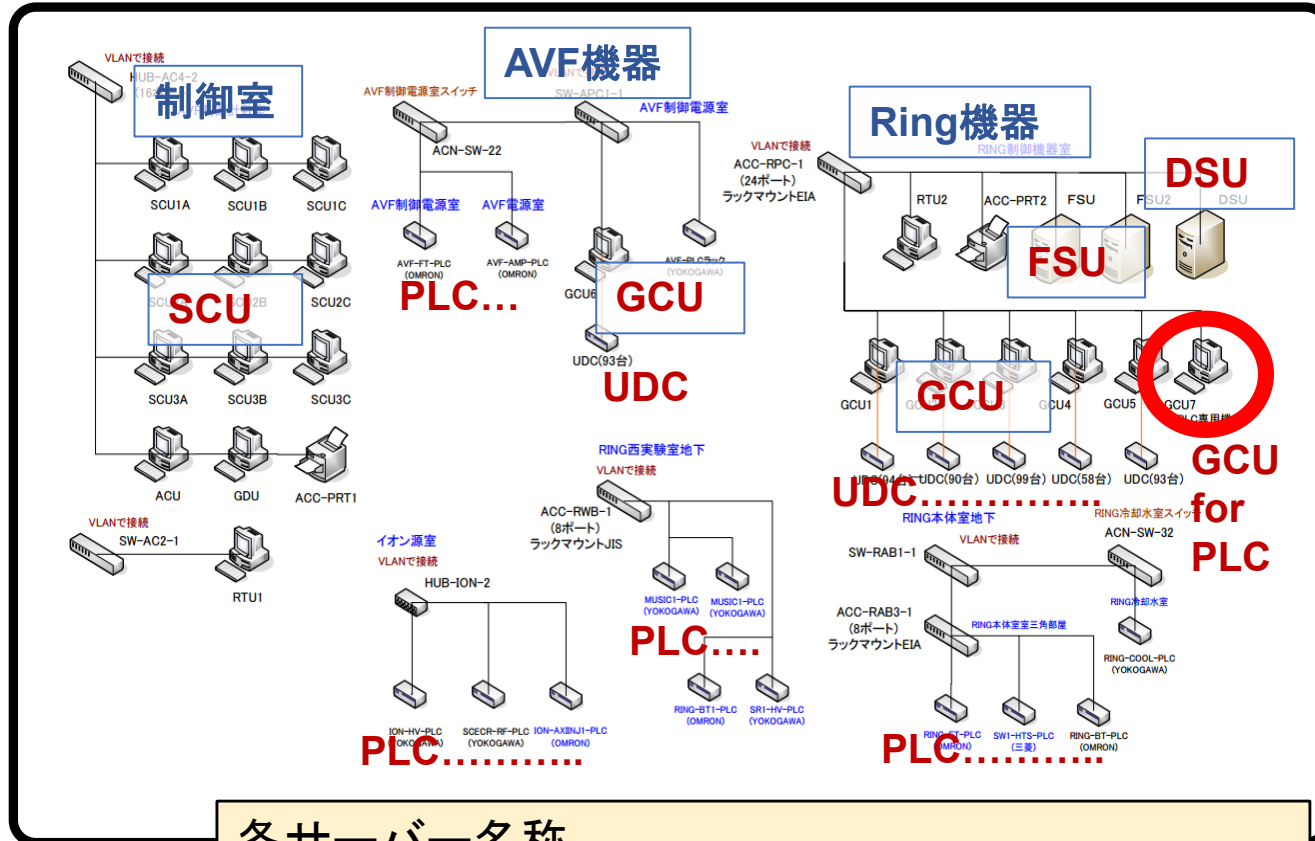
WindowsXP-UDC(via VMEbus) & PLC制御,
リレー制御



2012 ~

Windows7-UDC(via VMEbus)&PLC制御,
リレー制御(リレー計器盤はPLC化)

加速器制御システム概要(2005~2019)

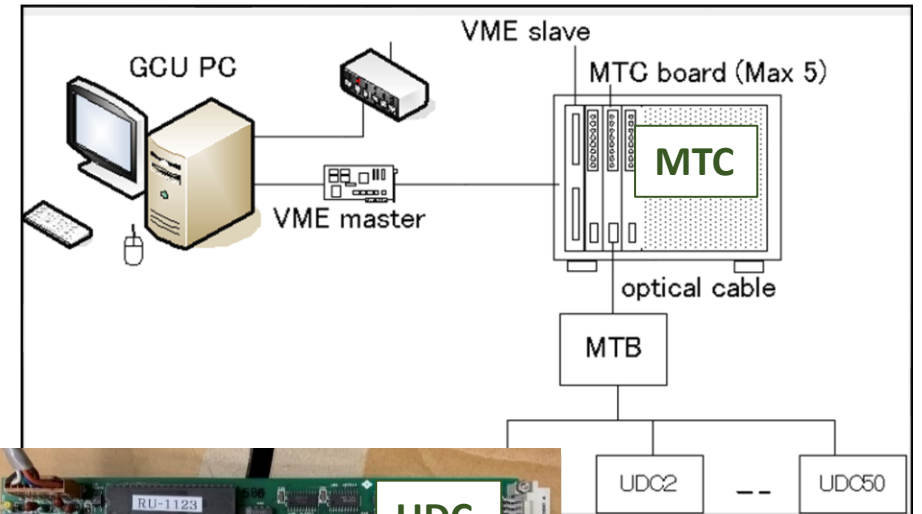


各サーバー名称
 SCU: 操作系 InTouch (Wonderware)
 GCU: UDC, PLC制御系 InTouch (Wonderware)
 FSU: 設定ファイルサーバ Access (MS)
 DSU: アーカイバー Historian (Wonderware)

InTouch(SCADA)による PLC,UDC制御システム

←Windows7で稼働

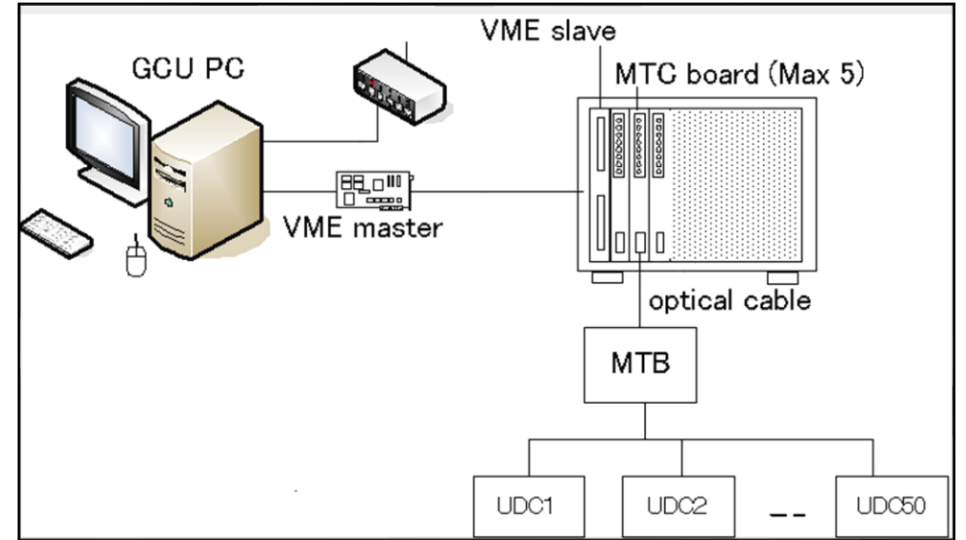
- PLCはFA Server(OPC Server)を介して制御
- UDC (SHI製マイコンボード)はVMEのMTC (SHI製)ボードにより制御 ※詳細は後述



制御システム更新2019～

R1～3年度AVFサイクロトロン更新工事実施。せっかくのこの機会に・・・

- ・50年来のインターロックリレー盤の
PLC化(リレーモジュール+PLC)実施完了
- ・制御システムの根本的見直し
Windows7からアップグレードできないという問題
→PCIのVMEドライバーがそのままでは動かない
システムがいつの間にかブラックボックス化



→→システム刷新ついでに**EPICS**を導入

○なぜ**EPICS**か？

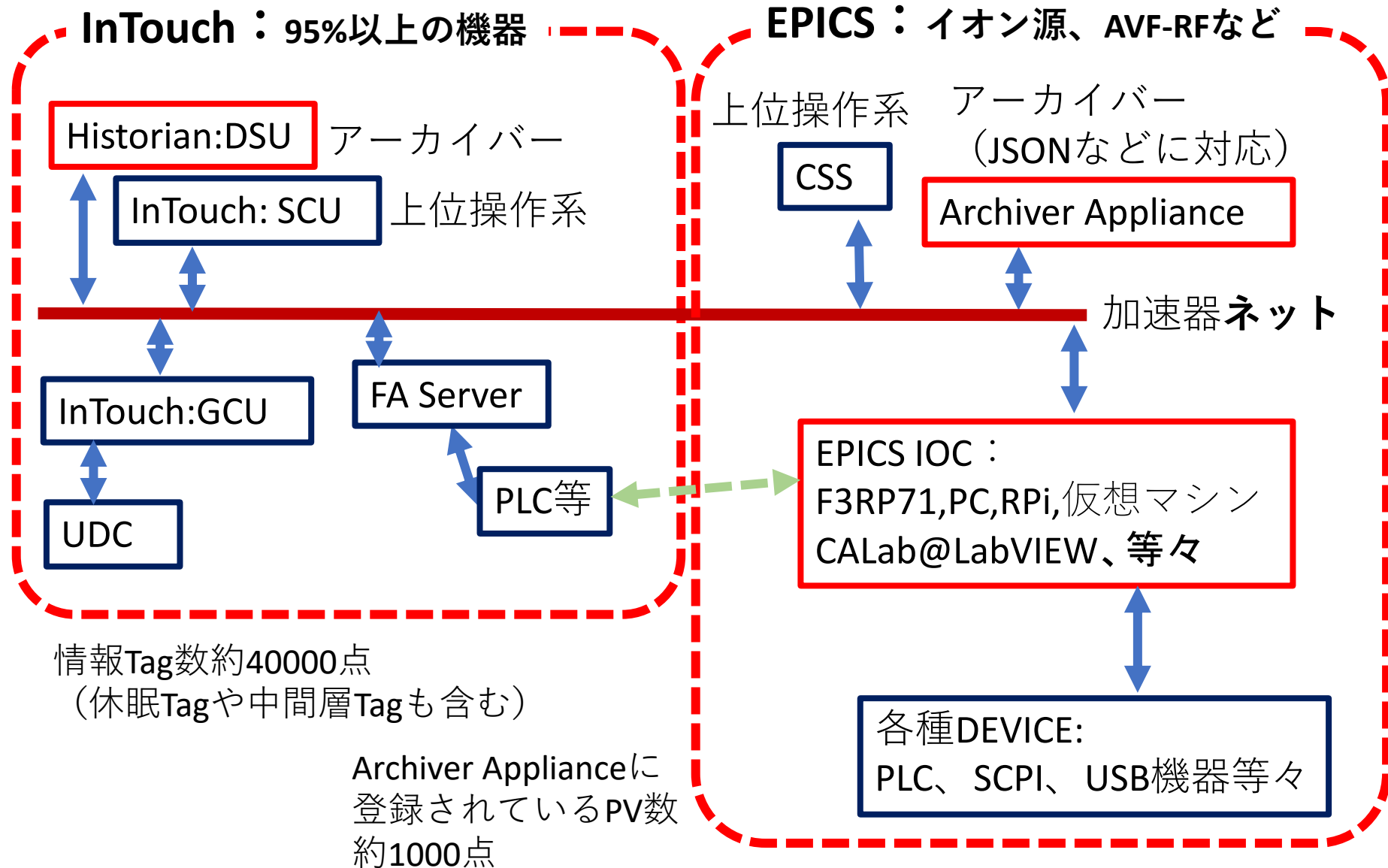
導入している施設多数(ELPH,KEK,RIKEN,SNS,FRIB,DESY,BNL,iter,...)

無償(多分、将来にわたって)

システムの拡張がInTouchに比較して容易そうである

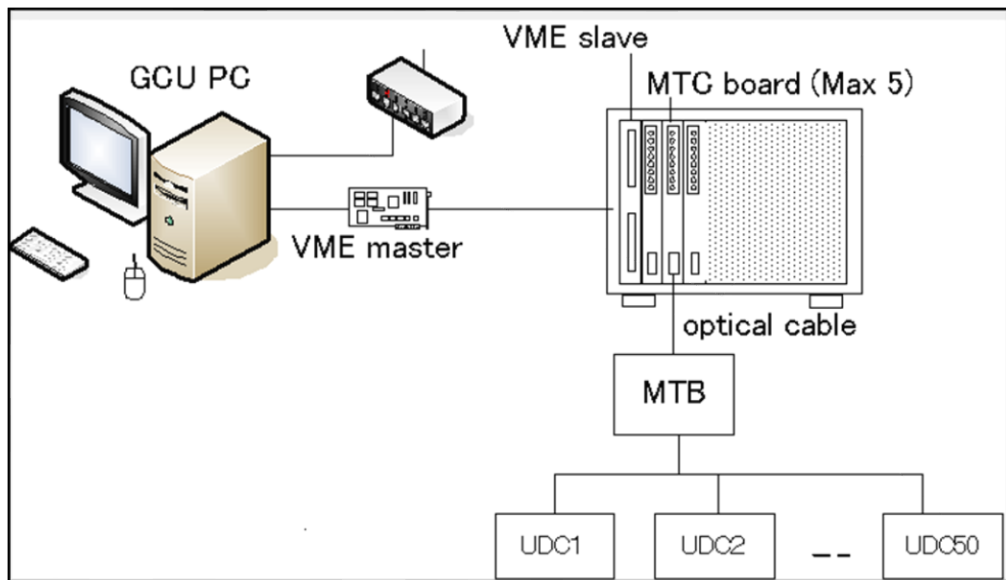
機械学習による加速器制御も容易そうである

加速器制御(2021以降)：InTouchとEPICSの共存状態



EPICS移行のボトルネック:レガシーシステムUDCについて

マイコンと光リンクによる制御システム
(Message Tree と呼称)



1 台のMTCで50 台のUDCを制御できる

128バイトのレジスタ(CRG)をやり取りしている

→→→これらがやたら
残存している

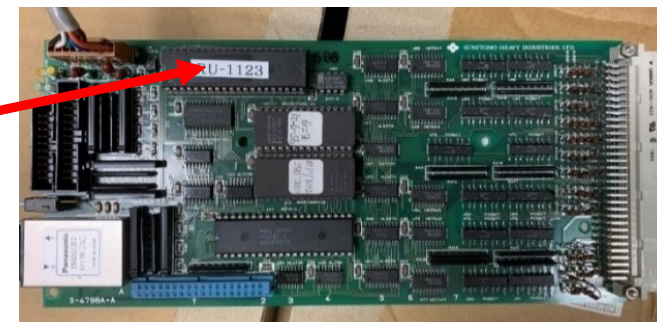
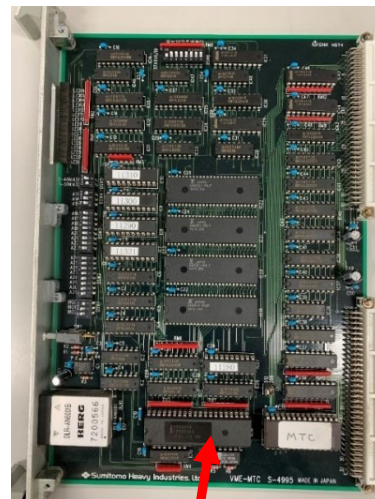
540枚ほど

Message Tree Communicator (MTC)

ホスト側 画像のものはVMEボード
かつてはVAXバス



Universal Device Controller (UDC)
デバイス側



- Analog I/O, GPIB制御も可能
- PL/M言語

128バイト共有レジスタ（CRG）

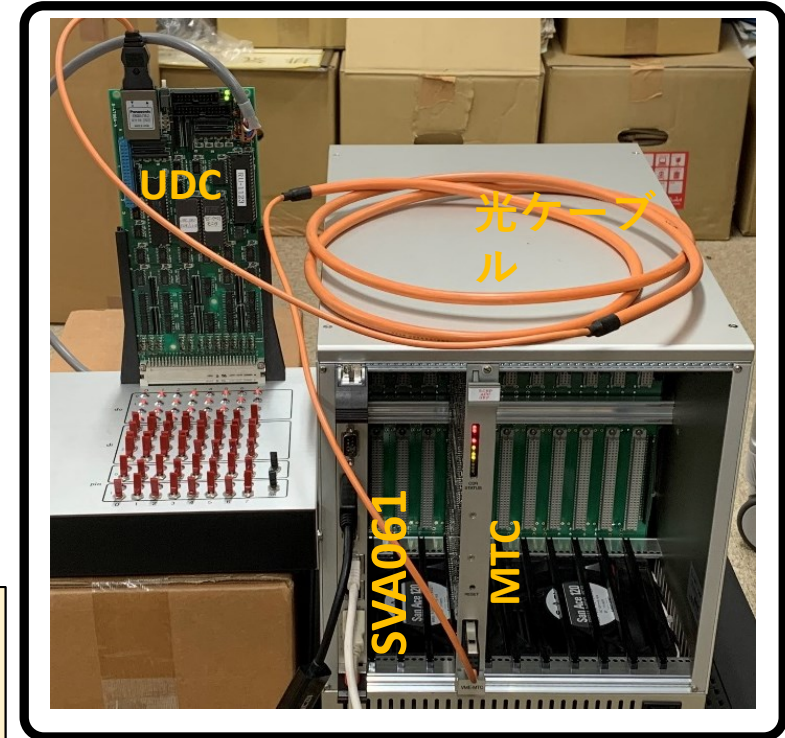
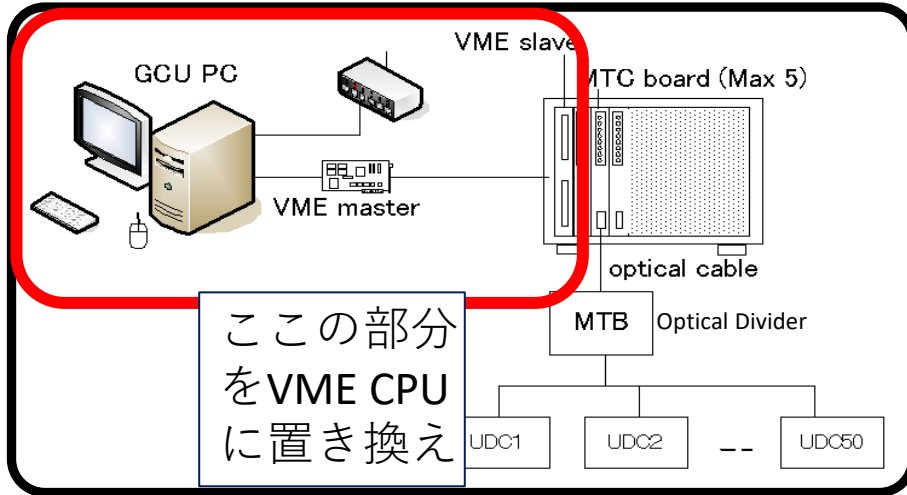
機器制御の設定値、読み出し値などのアナログデータ、各操作ビット、各種パラメータテーブルが格納されている。

- ・ UDC 1枚で何役もこなしているため
PLCモジュールに置き換える場合は
それなりのモジュール数が必要
- ・ **UDCはわりと堅牢**
- ・ ROMライターも健在

→UDCのEPICS化決断

VMEボードCPUによるUDC機器制御のEPICS化

VME制御はSanritsu SVA061(CentOS7)を利用することとした。MTC通信制御プログラムは新規開発。



制御プログラム

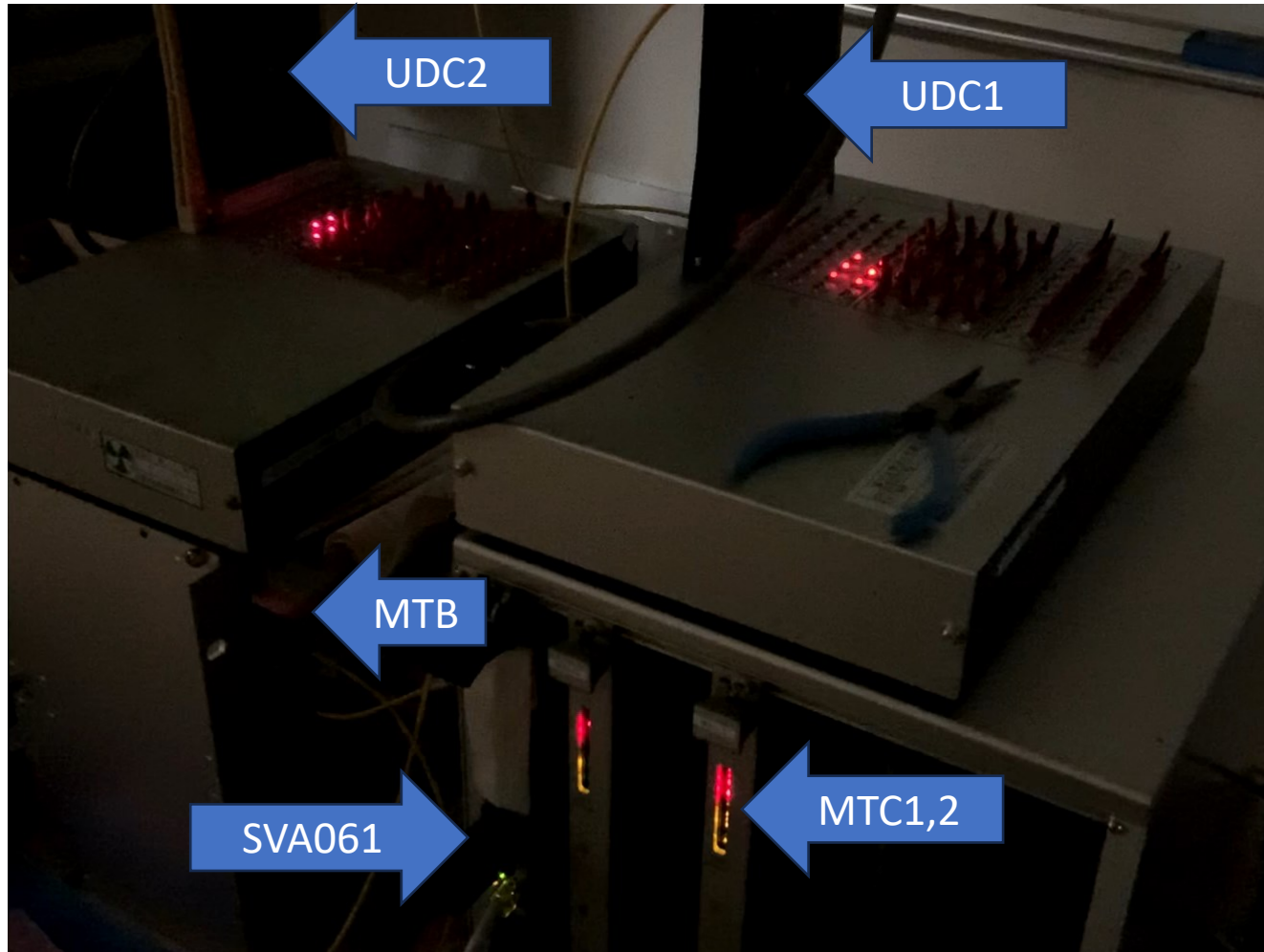
アプリケーションレイヤーでドライバーとして働く。
MTC配下のUDCすべてを順番にハンドシェイクし
UDCのCRGの更新情報をSVA061上のVirtual CRGへ
Virtual CRGの更新情報をCRGへ書き込む。

EPICS

Virtual CRGを参照し制御する

VMEボードCPUによるUDC機器制御のEPICS化

動作確認：複数のUDCの同時制御ができるか、UDCテストデバイス2台を使ってテスト



UDCテストデバイス：
128バイトCRGの特定のアドレスの状況をLED表示したり、トグルスイッチの状態をCRGに書き込みする

テスト結果は良好

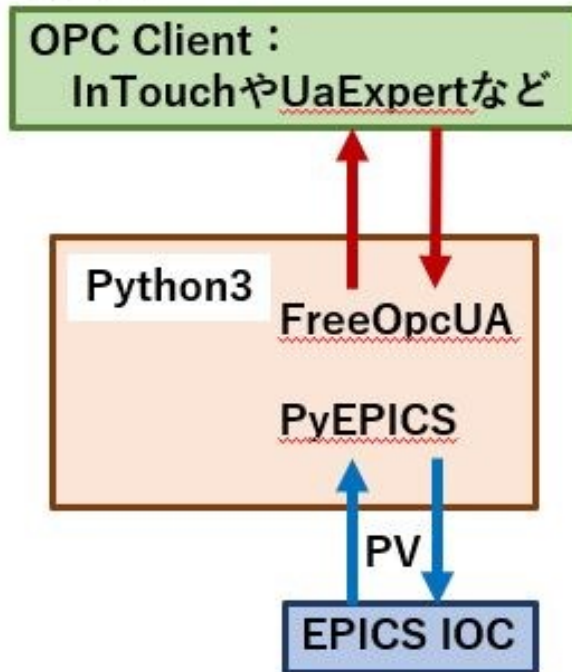
昨年12月よりイオン源RF電源にて
長期運用試験実施中。
→問題なく稼働している。

今後の展望

あとはマンパワーをかけて移行を進めるだけ→どう進めるか??
各機器の仕様などを改めて確認しながらなので結構大変である。
この夏季停止期間に少量移行予定。この際に手順を見定め固めていく。

とある検討事項：CSS開発労力削減のためInTouchをEPICS OPIとして使う? ※但しWindows10,11で
→FreeOpcUAをOPCサーバーとして使う

概念図



The screenshot shows the Unified Automation UaExpert interface. The "Data Access View" pane displays a table with columns for "#", "Server", and "Node Id". The "Attributes" pane shows a tree view of attributes for the selected node, including "Description", "Value", "SourceTimestamp", "SourcePicoseconds", "ServerTimestamp", "ServerPicoseconds", "StatusCode", "Value", and "DataType". The "Value" attribute is highlighted with a red circle, showing a value of 18.187. The "StatusCode" attribute is also highlighted with a red circle, showing a value of Good (0x000000). The "Log" pane at the bottom shows a series of messages indicating successful attribute reads.

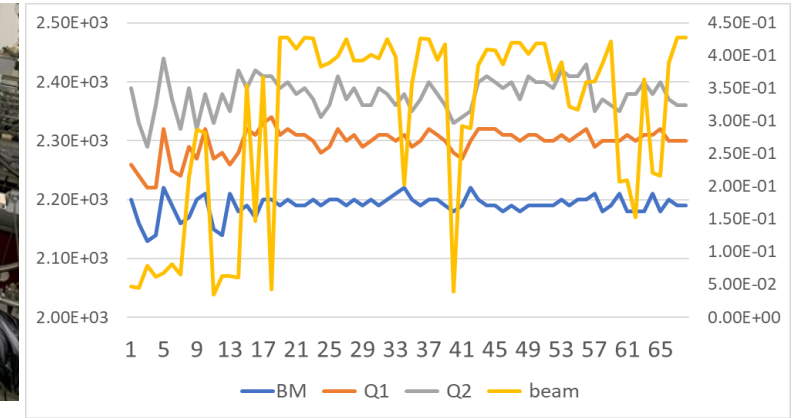
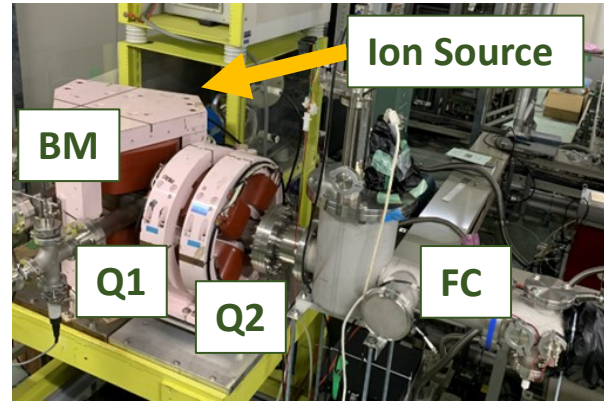
| Attribute | Value |
|-------------------|-------------------------|
| Description | "" , "MyThermal" |
| Value | 18.187 |
| SourceTimestamp | 2022/12/29 20:46:06.703 |
| SourcePicoseconds | 0 |
| ServerTimestamp | 1601/01/01 9:00:00.000 |
| ServerPicoseconds | 0 |
| StatusCode | Good (0x00000000) |
| Value | 18.187 |
| DataType | String |

UaExpertによる温度のPVの読み込みテスト
→結果良好

機械学習に必要な制御とは

- ベイズ最適化による自動調整など：
Pythonから直接制御パラメータを
入出力する仕組み

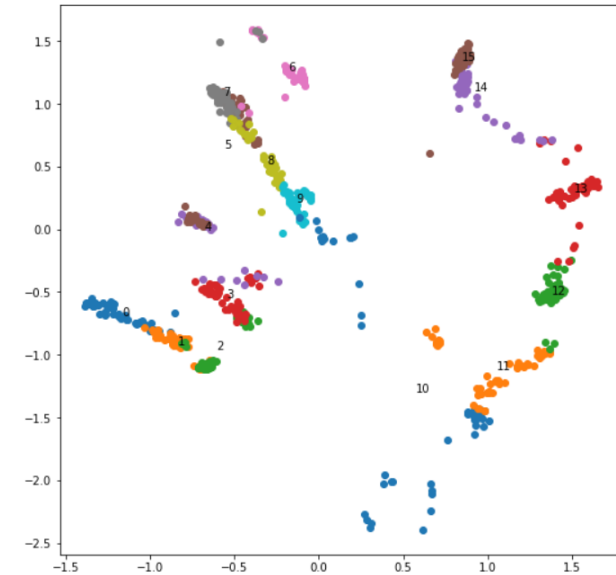
EPICSの場合：PyEPICSなど



GpyOptによるLEBT自動調整の例

- ニューラルネットワークによる加速器の状態解析など：
多数のパラメータの時系列情報をCSVで取得する仕組み
→PythonでPandas, Numpy等で処理される

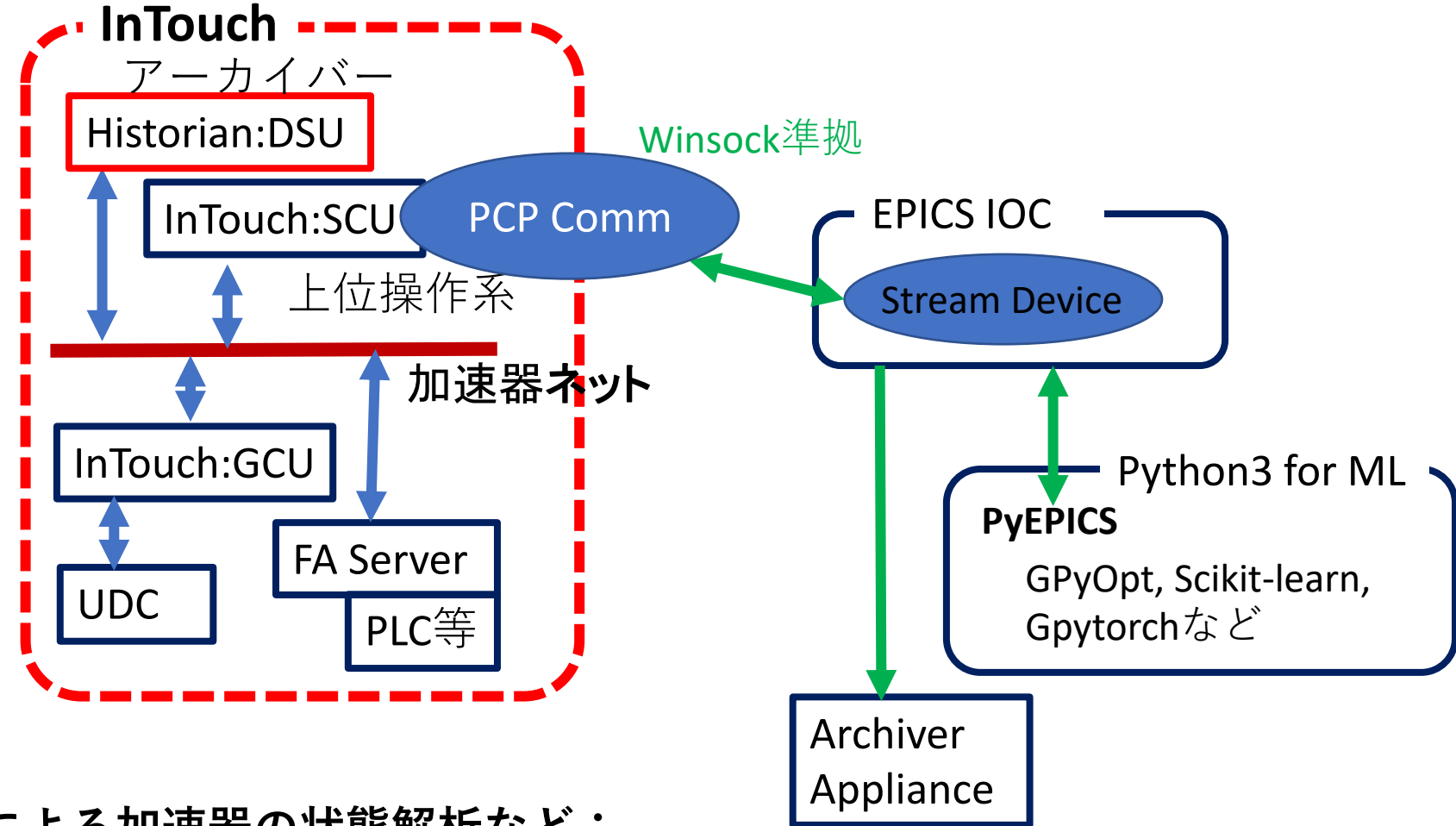
EPICSの場合：Python等のスクリプトにより
Archiver Applianceから取得



Autoencoderによる運転解析の例
700~800のパラメータを2次元に圧縮

InTouchでも機械学習は可能：EPICS移行までの暫定措置として

- ベイズ最適化：
PCP Commなるもの利用
→全パラメータの
制御は困難



- ニューラルネットワークによる加速器の状態解析など：
多数のパラメータの時系列情報をCSVで取得する仕組み
→Historian用のExcelアドインが準備されている
→非常に時間がかかる。。。

まとめ

- RCNPサイクロトロン施設の制御の概要
InTouchによる制御が主である
- EPICS移行
R1年からのAVF更新の機会にEPICS移行を開始する
最大のネックであったUDC制御開発を昨年完了
今後マンパワーをかけて移行していく
- 機械学習の導入
現状のInTouchでも機械学習は可能であるが
効率良く研究を進めるべくEPICS化を急ぎたい