

組込み EPICS 技術の SuperKEKB 制御への応用

小田切 淳一^{A)}, 石橋 拓弥^{A)}, 大木 俊征^{A)}, 小林 鉄也^{A)}, 末野 毅^{A)},
出口 久城^{B)}, 照井 真司^{A)}, 中村 卓也^{C)}, 中村 達郎^{A)}, 中西 功太^{A)},
林 和孝^{B)}, 久松 広美^{A)}, 藤田 誠^{C)}, 古川 和朗^{A)}, 三増 俊弘^{A)},
吉井 兼治^{C)}, 芳藤 直樹^{D)}

A) 高エネルギー加速器研究機構

B) 三菱電機特機システム

C) 三菱電機システムサービス

D) 東日本技術研究所

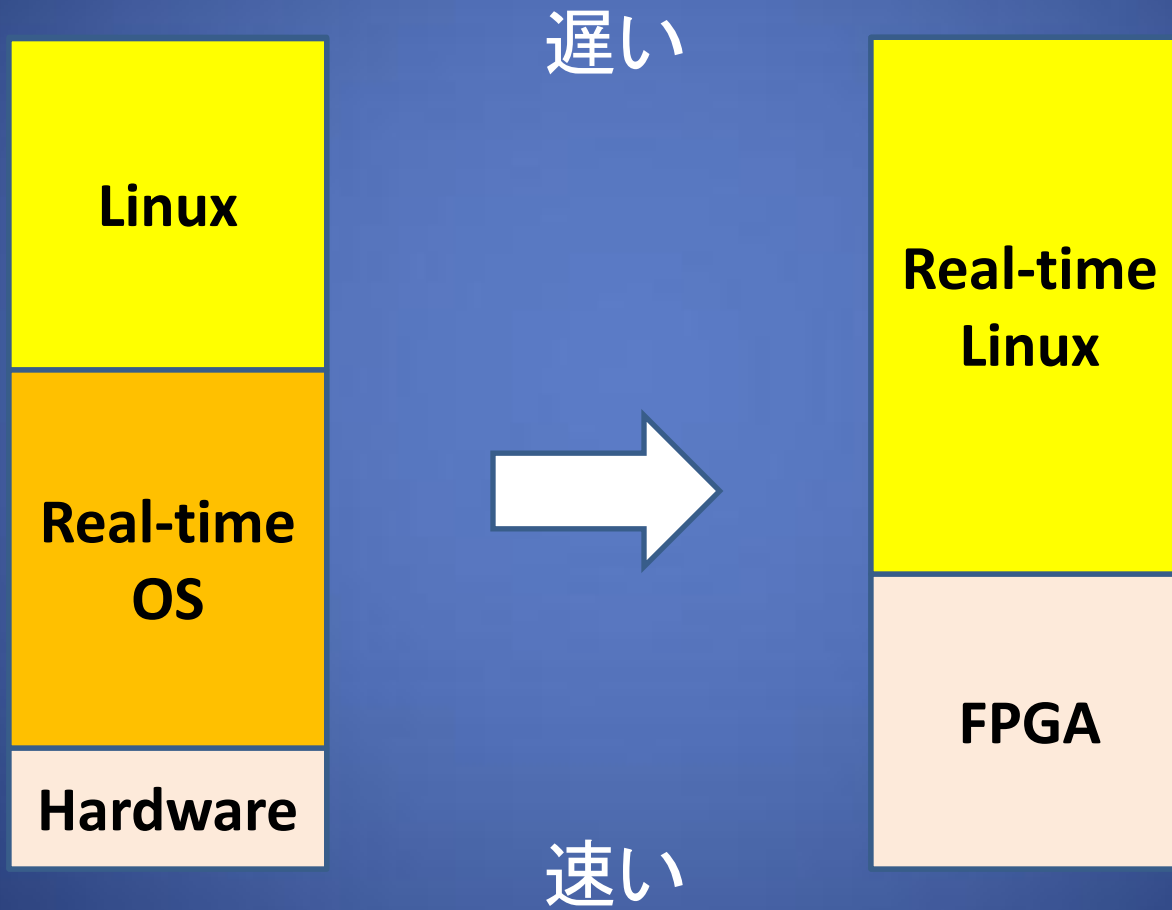
組み込みEPICSとは？

- 機器を直接制御するフロントエンド・コントローラの上で IOC プログラムを実行すること
 - フロントエンドまでの通信を Channel Access でカバーする
 - **Channel Access Everywhere**
 - フロントエンドで IOC プログラムが持つ豊富な機能を存分に活用する
 - **Embedded EPICS**
- 既存のソフトウェア資産を最大限に活用する

The 17th KEKB Accelerator Review Committee Report より抜粋

“The control system is based on EPICS and is in an extremely mature state. The KEKB team has profited from the EPICS collaboration and is **now in the process of augmenting EPICS by putting IOCs in every piece of hardware, effectively simplifying the connects.**”

フロントエンド制御技術の動向



Linux を搭載した PLC 用 CPU

- F3RP61

- EPICS の IOC として利用可能
- FA-M3 の各種 I/O モジュールを利用可能
- ラダー・プログラムを実行する従来型 CPU との併用も可能
- PREEMPT_RT パッチの適用により 100 μ 秒レベルのリアルタイム応答性を実現



SuperKEKB 制御における応用事例

- 安全(入退域管理)システムのモニタ
 - FL-net を介しての状態モニタに特化した事例(インタロックはラダー・プログラムで実装)
- 真空システムの制御
 - PLC-bus, Ethernet, GPIB など多種のインタフェースに対応しシステムを統合することに成功した事例
- 新 LLRF システムの制御
 - “Channel Access Everywhere” を極限まで推し進めた事例
- 大型電磁石電源の制御
 - 電源の内部制御用の PLC に IOC を組込んだ事例

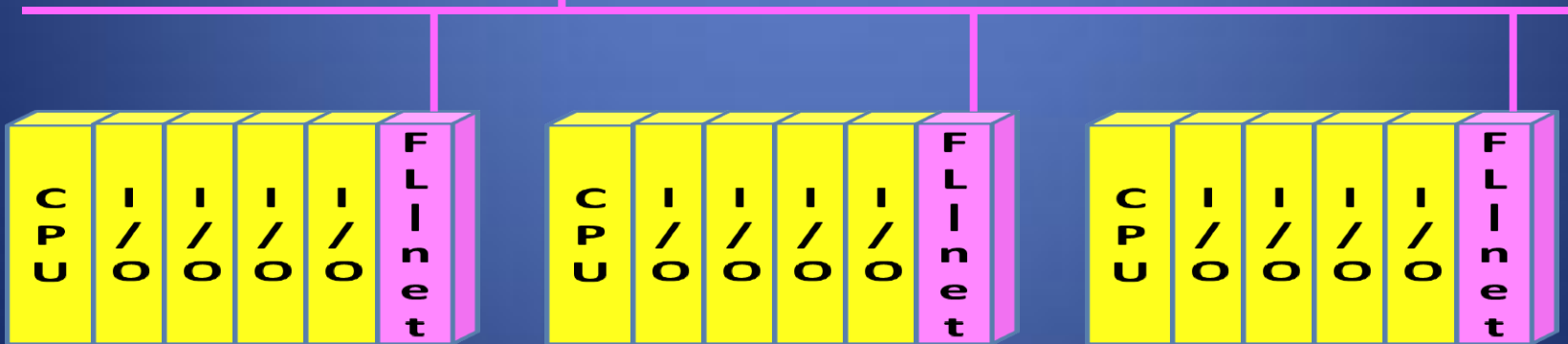
安全システムのモニタ (1/3)

- RP は FL-net のノードとして参加
- 人的保護を目的としたインタロック状態のモニタ

IOC
(F3RP61) →



EPICS からの書込みが絶対に不可能なシステムを構築可能



安全システムのモニタ (2/3)

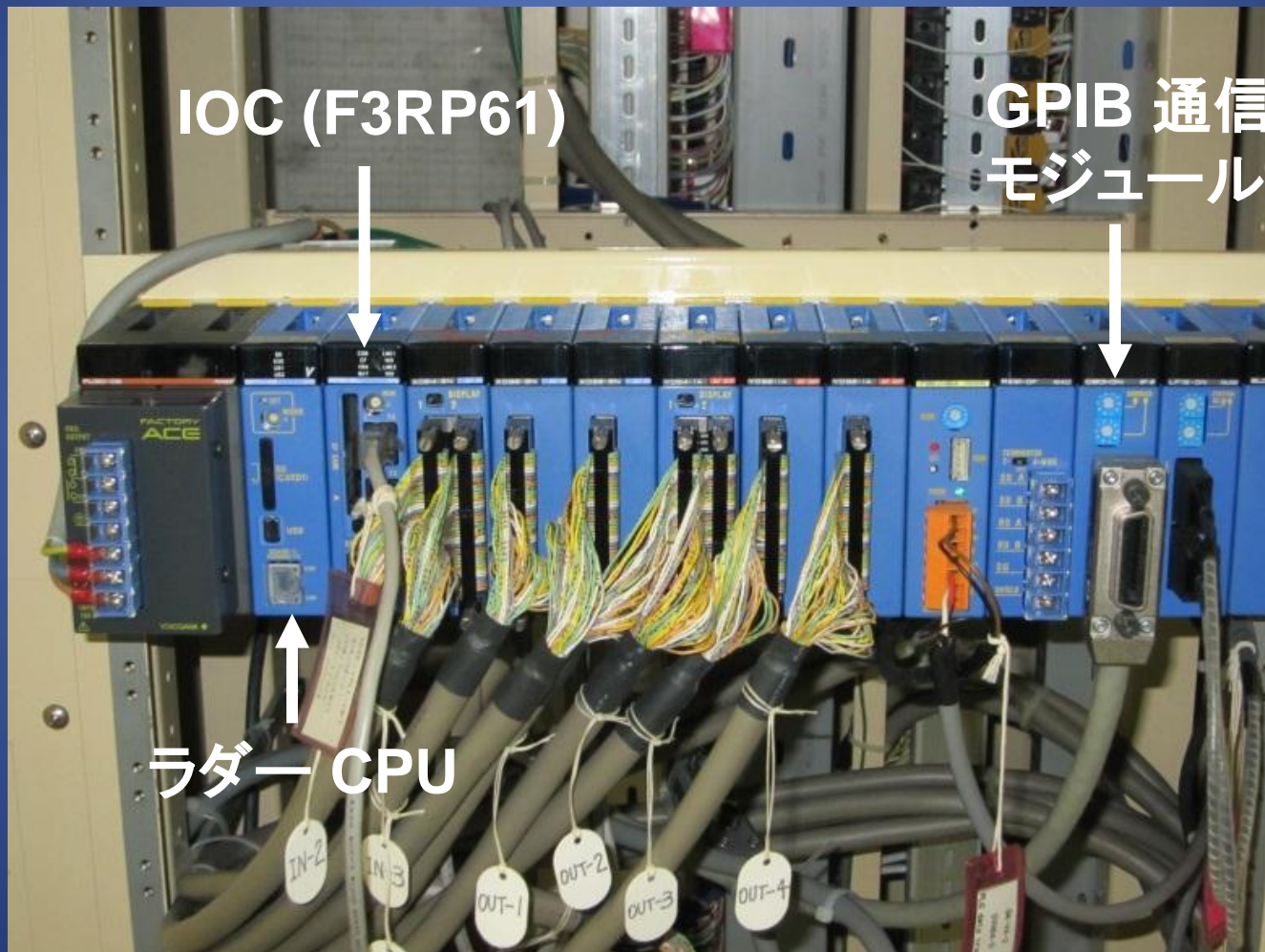
- IOC (F3RP61) のリンクリレーへのアクセスはメッセージベースの通信ではなく、メモリアクセスであるため高速
- 数千点のリレー状態であっても一点ずつ読み出すことで間に合う
 - 配列として読み出すと後でばらすのが面倒

```
record ( bi, "$ (name) ")
{
    field ( SCAN, "1 second" )
    field ( DTYP, "F3RP61" )
    field ( INP, "@E$(addr)" )
}
```

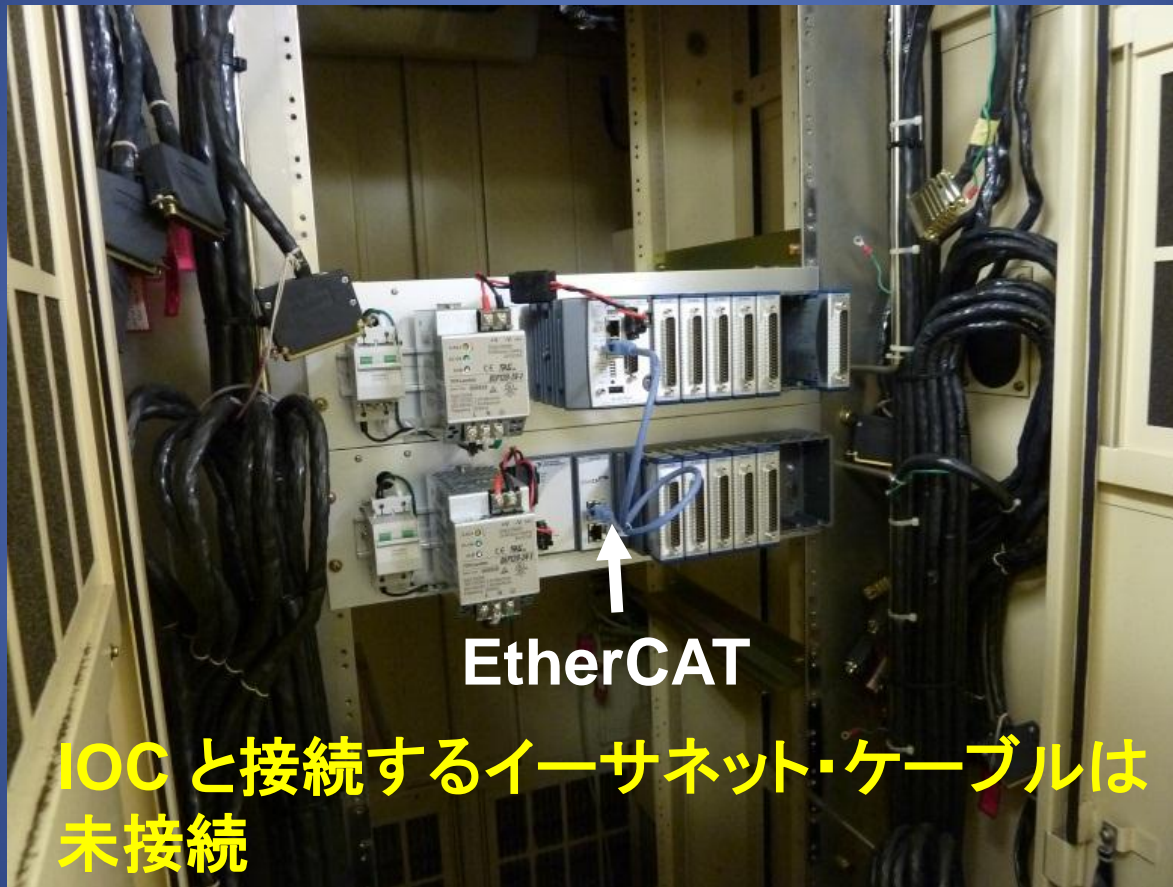

安全システムのモニタ (3/3)

- IOC (F3RP61) とインタロックを司るシーケンス CPU を FL-net を介して接続した
- IOC を FL-net のノードとして参加させたことにより、GUI (CSS/BOY), Archiver などの EPICS の上位ツールによる状態の監視、データのアーカイブが可能になった
- 上位ソフトウェア (EPICS) が誤ってインタロックに影響を与える可能性を排除した
- 接点状態を個別に読み出すことにより、IOC 上のランタイムデータベースを簡素化し、その開発と維持のコストを大幅に軽減した

真空システムの制御 (1/3)



真空システムの制御 (2/3)



IOC と接続するイーサネット・ケーブルは
未接続

CA-Server を実行可能な Compact-RIO

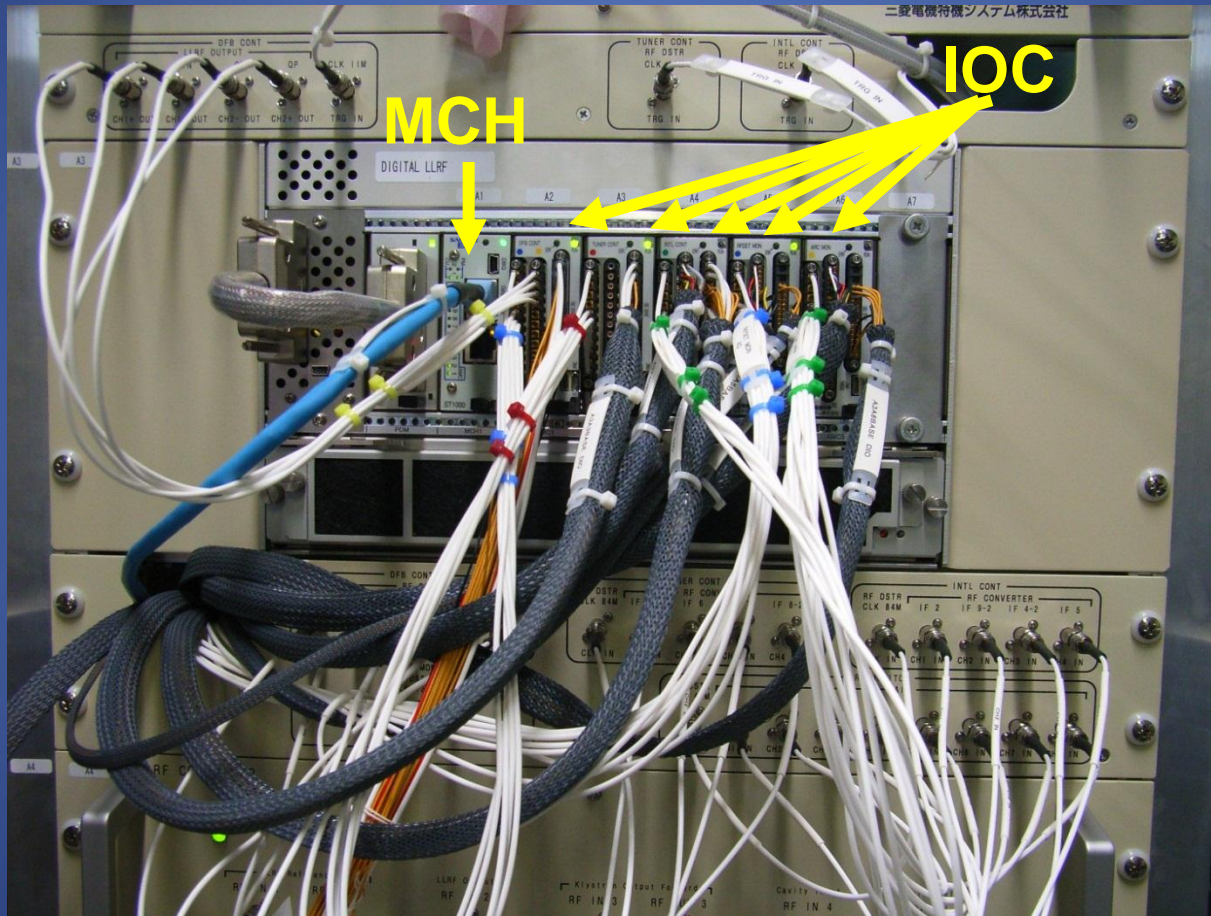
真空システムの制御 (3/3)

- PLC-bus 上の共有メモリを介してラダー CPU と IOC (F3RP61) を通信させることにより、ラダー・プログラムが大幅に簡素化された
- F3RP61 を IOC とすることにより、Ethernet, GPIB などの多様なインタフェースに PLC 上の EPICS で対応することが可能となった
- CA-Server を実行する Compact-RIO の採用により、新たなデバイス・サポートを開発することなく、IOC と通信することが可能となった
- デバイス・アクセス層のソフトウェアについては、すでに長期安定性の検証試験に着手した

新 LLRF システムの制御 (1/2)

- 新 LLRF システムでは RF フィードバック、高速のインタロックが FPGA によりデジタル化された
- EPICS による制御もスクラッチから設計し直した
- RF フィードバックと高速のインタロックには Micro-TCA の Advanced Mezzanine Card (AMC カード) を採用した
- システムの立ち上げシーケンス、通常のインタロックには PLC を採用した
- AMC カードと PLC は IOC となり Channel Access で通信する

新 LLRF システムの制御 (2/2)

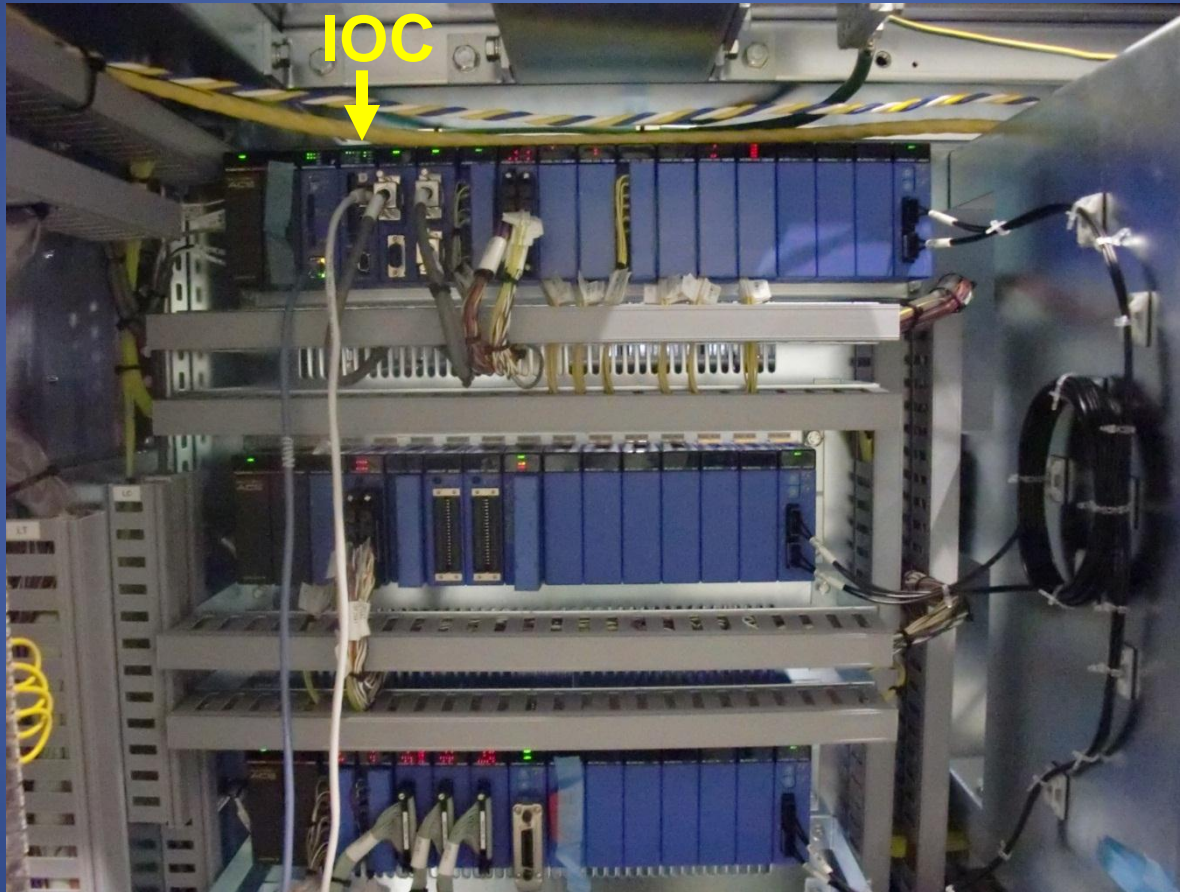


Micro-TCA の AMC カード各々が IOC として機能

大型電磁石電源の制御 (1/2)

- KEKB 電磁石電源の制御では VME ベースの IOC がフィールドバス (ARCNET) を介して Power Supply Interface Controller Module (PSICM) と通信する方式が採用された
 - SuperKEKB でもこの方式を踏襲する
- 一部の大型電源では、より高度の安定性を実現するために従来のフィードバックに加えて新たなデジタル・フィードバックが追加された
- デジタル・フィードバックのための追加的な入出力信号は PSICM の仕様に収まらない
- 電源内部の制御に採用された FA-M3 に F3RP61 を追加することにより追加的な入出力信号の EPICS 制御に対応した

大型電磁石電源の制御 (2/2)



大型電源の内部制御用 PLC に組込まれた IOC

まとめ

- Linux を OS として採用した FA-M3 PLC 用 CPU である F3RP61 を IOC として利用する技術を SuperKEKB の各種制御とモニタに応用した
- 従来型のラダー CPU と併用することにより、堅牢性と柔軟性を兼ね備えたフロントエンド・コントローラが実現された
- フロントエンドのハードウェア構成を簡素化したことにより、制御ソフトウェアも簡素化され、その開発と維持が容易になった

ご清聴、有難うございました！

