

SuperKEKBのための LLRF制御システムへの 組み込みEPICS技術の応用

小田切淳一¹, 赤井和憲¹, 海老原清一¹, 大藪久美子²,
岡崎知博³, 可部農志¹, 小林鉄也¹, 出口久城²,
中西功太¹, 西脇みちる¹, 林和孝², 古川和朗¹

¹高エネルギー加速器研究機構

²三菱電機特機システム株式会社

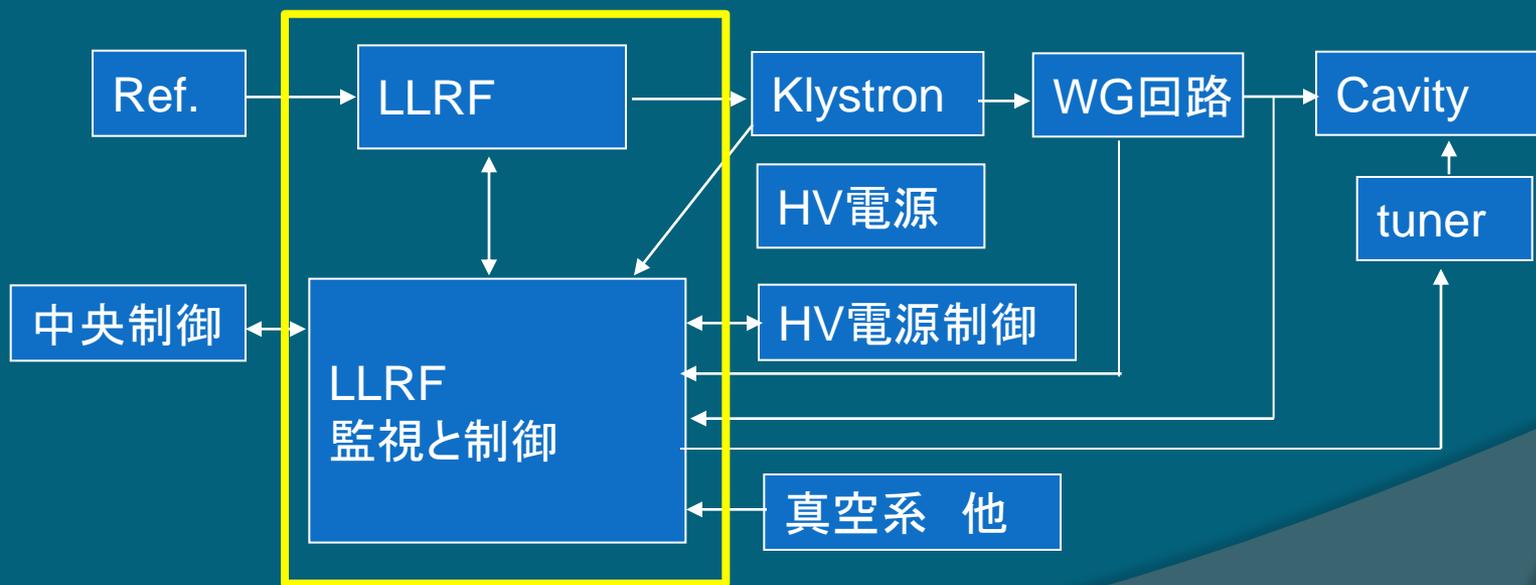
³東日本技術研究所

内容

- ◎ 背景 - LLRF システムのデジタル化
- ◎ EPICS の基本概念
- ◎ 組込み EPICS とは？
- ◎ LLRF システムへの組込み EPICS の応用
- ◎ ソフトウェア実装に際しての留意点
- ◎ プロトタイプの評価の進捗状況
- ◎ まとめ

SuperKEKB の LLRF システム

- 高周波加速電圧・位相の安定度向上のため**デジタル LLRF** を採用 (RF フィードバック等の高速な制御)
- EPICS とのインターフェースは? その他の制御は?

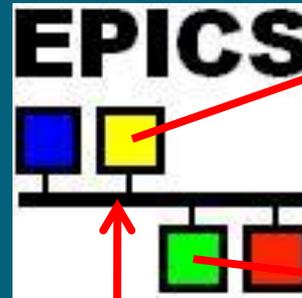
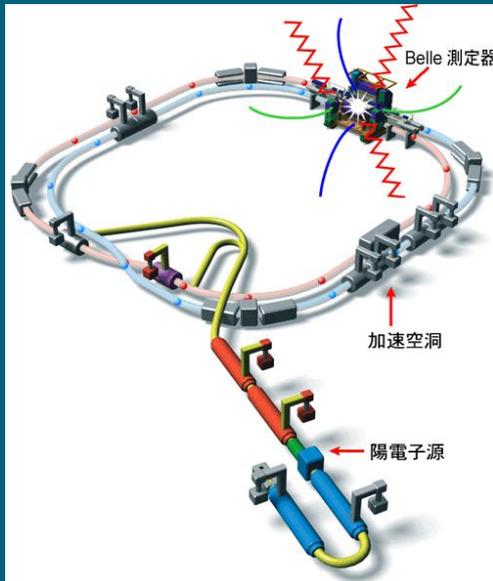


RFシステムの構成

EPICSとは？

- Experimental Physics and Industrial Control System
- 加速器や大規模実験施設向きの制御ソフトウェア

Operator Interface (OPI)



Channel Access

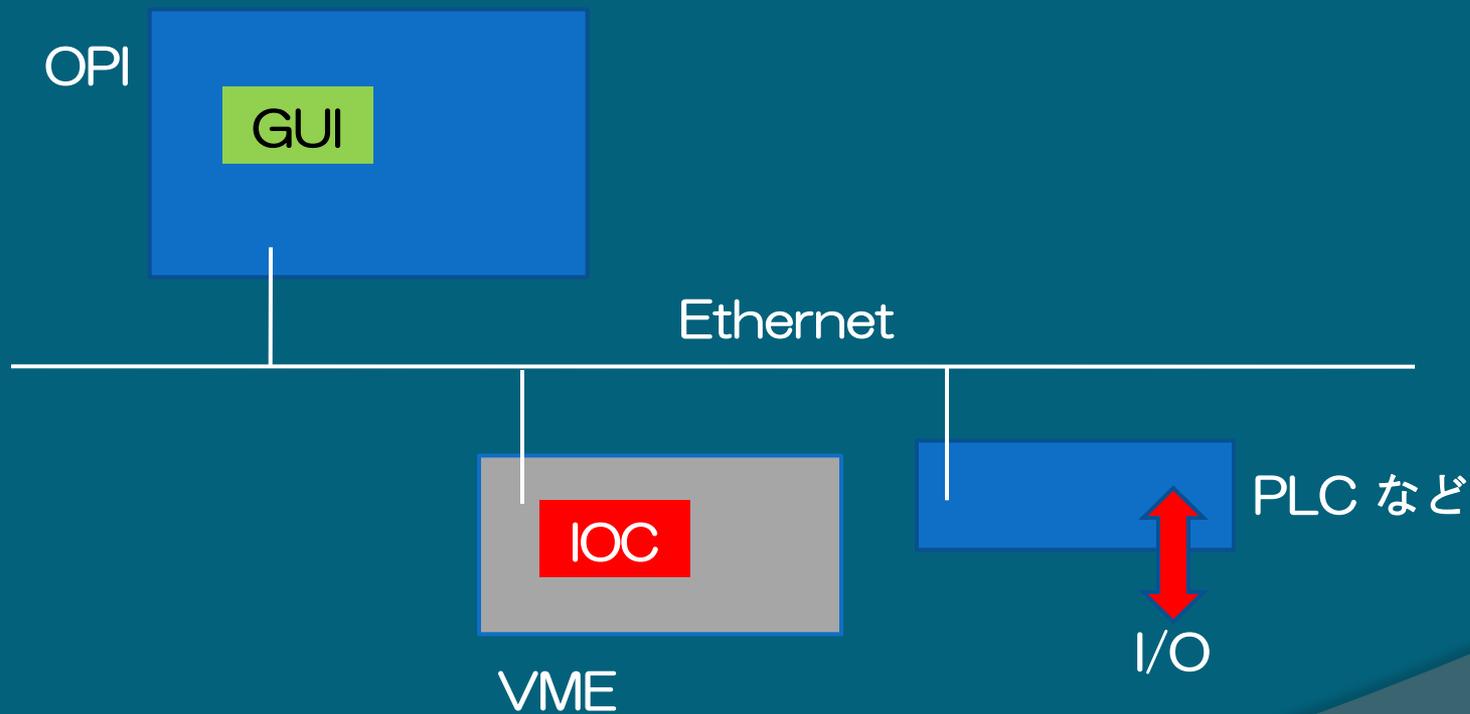


Input / Output Controller (IOC)

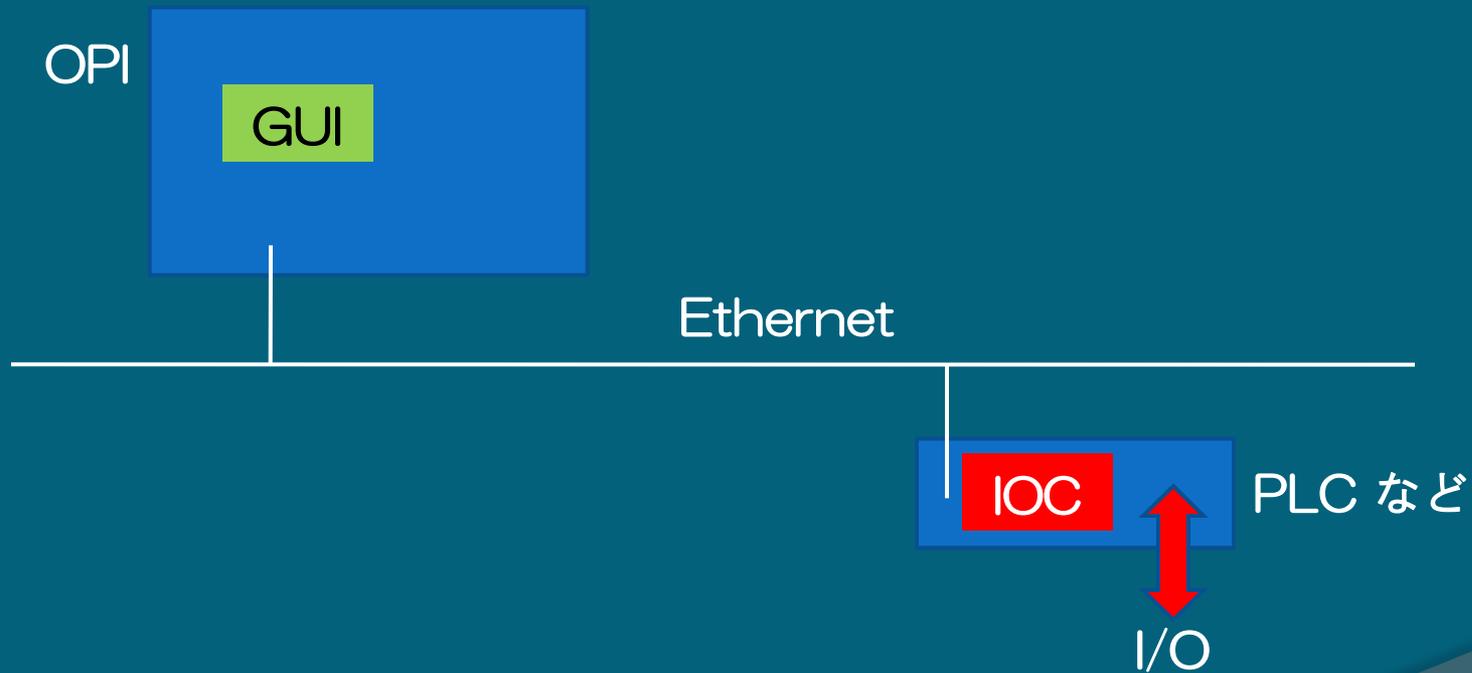
EPICS ベースの制御技術の動向

- ◎ **Ethernet** をフィールドバスとして使う
 - Ethernet, TCP/IP の将来を心配する人はいない
 - 開発・保守の両面で仕事が楽になる
- ◎ OS として **Linux** を選ぶ
 - Linux の将来を心配する人はいない
 - 加速器で速い応答が必要な場合は FPGA
 - Linux のリアルタイム応答性の改善が顕著
- ◎ **フロントエンドに IOC を組み込む**

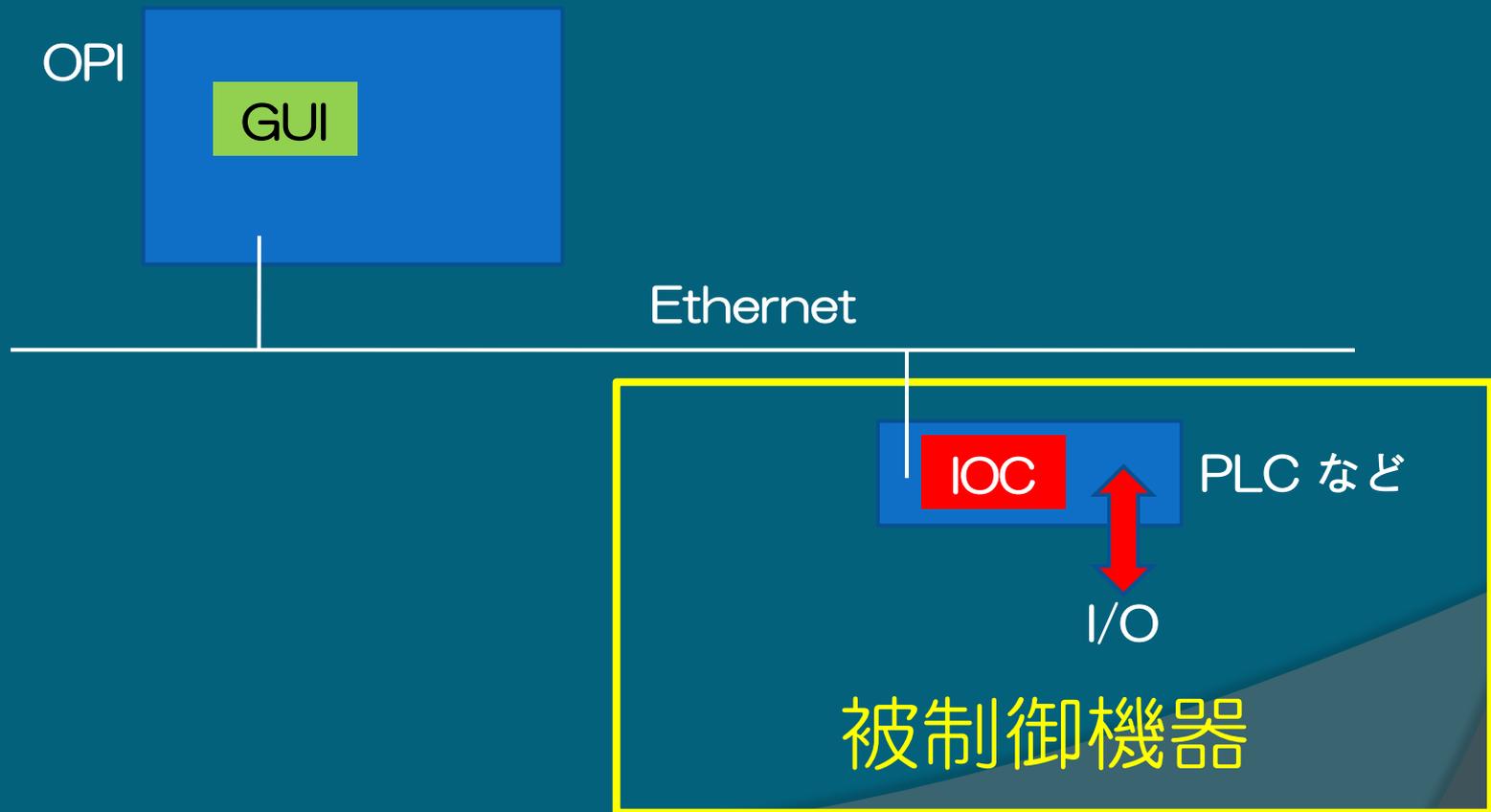
従来の制御システム構成



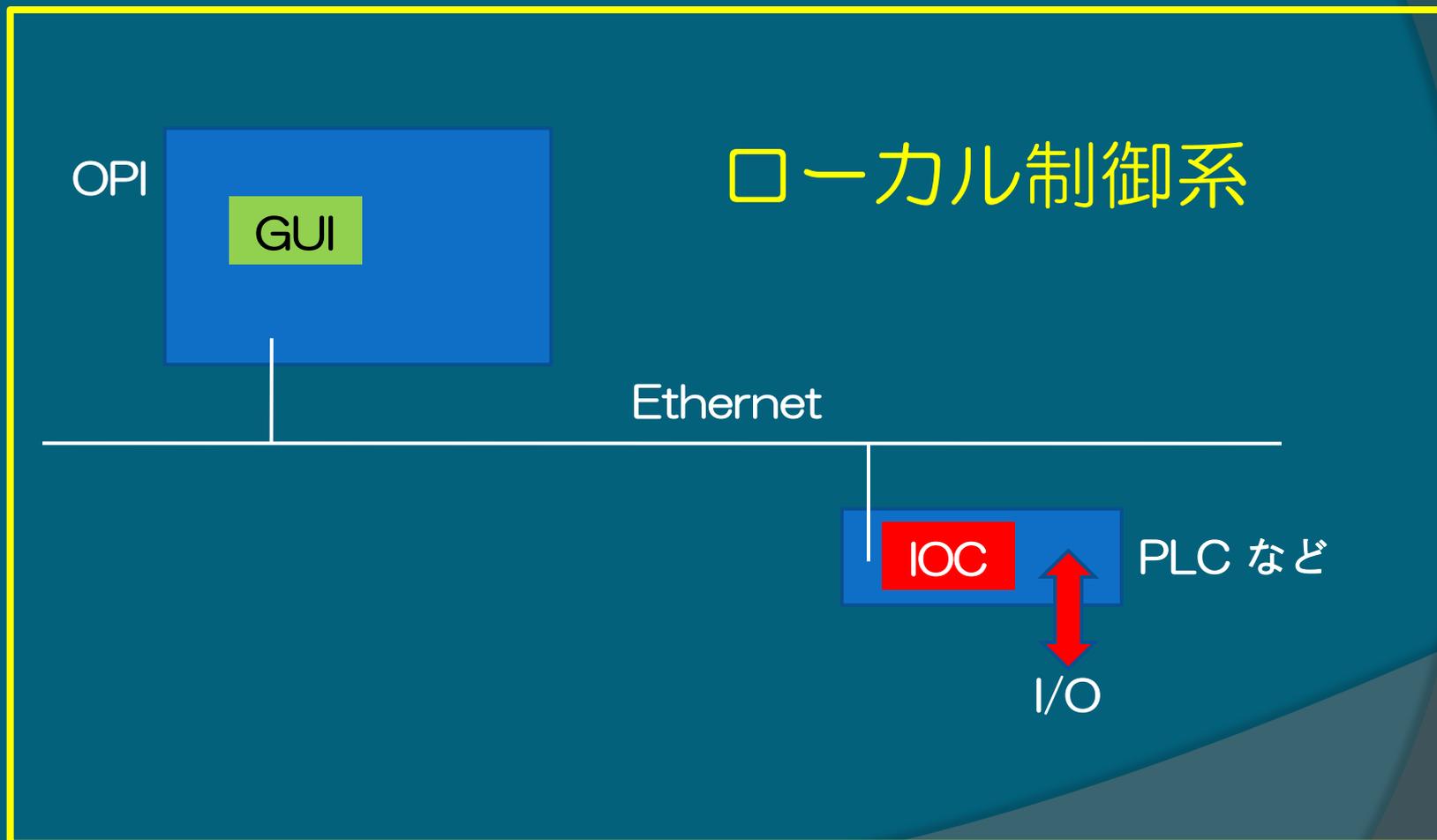
IOCをフロントエンドに



組み込み EPICS



組み込み EPICS によるローカル制御

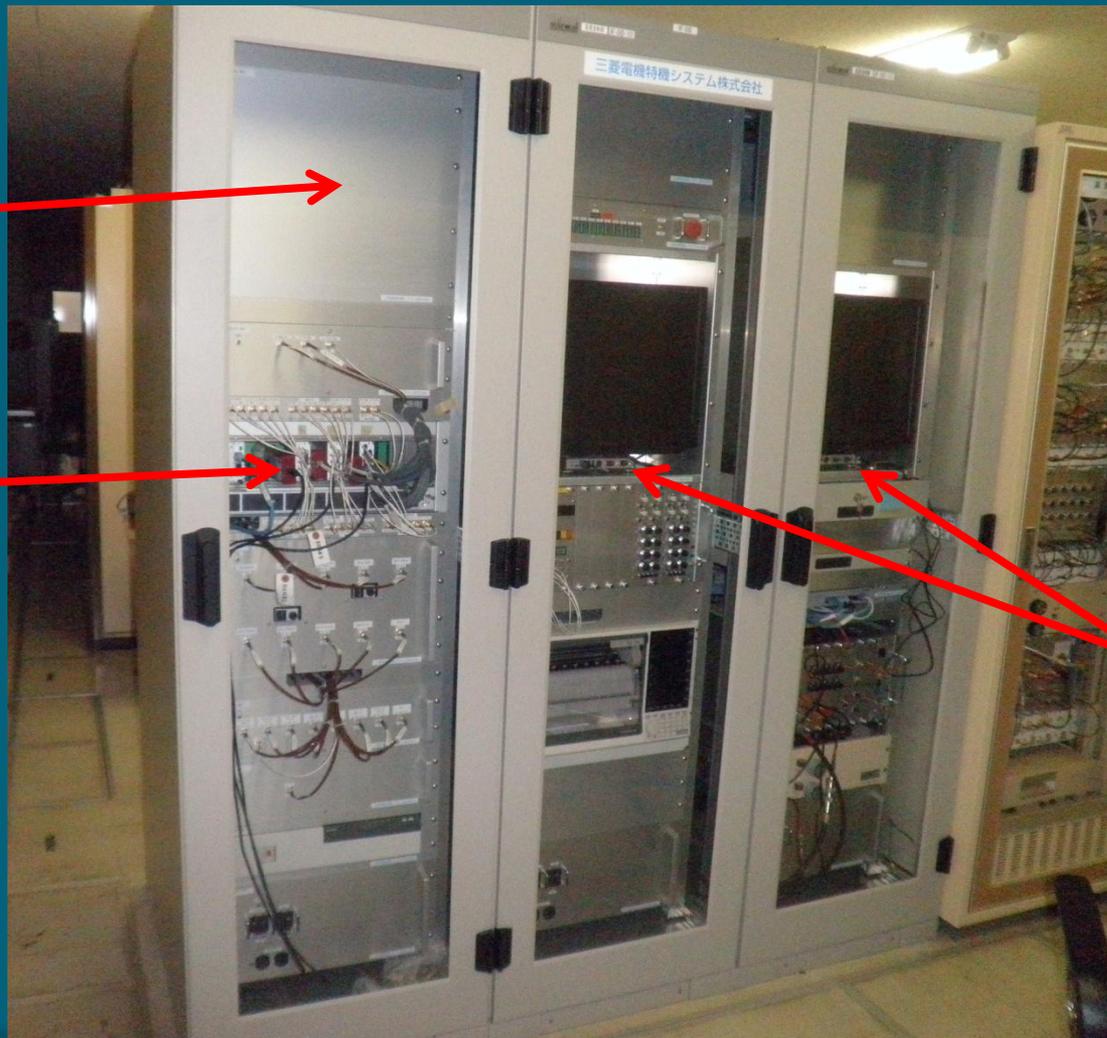


D8 に設置された LLRF システム

IOCs

PLC
(1個)

AMCs
(3個)



OPIs

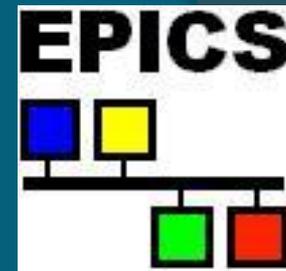
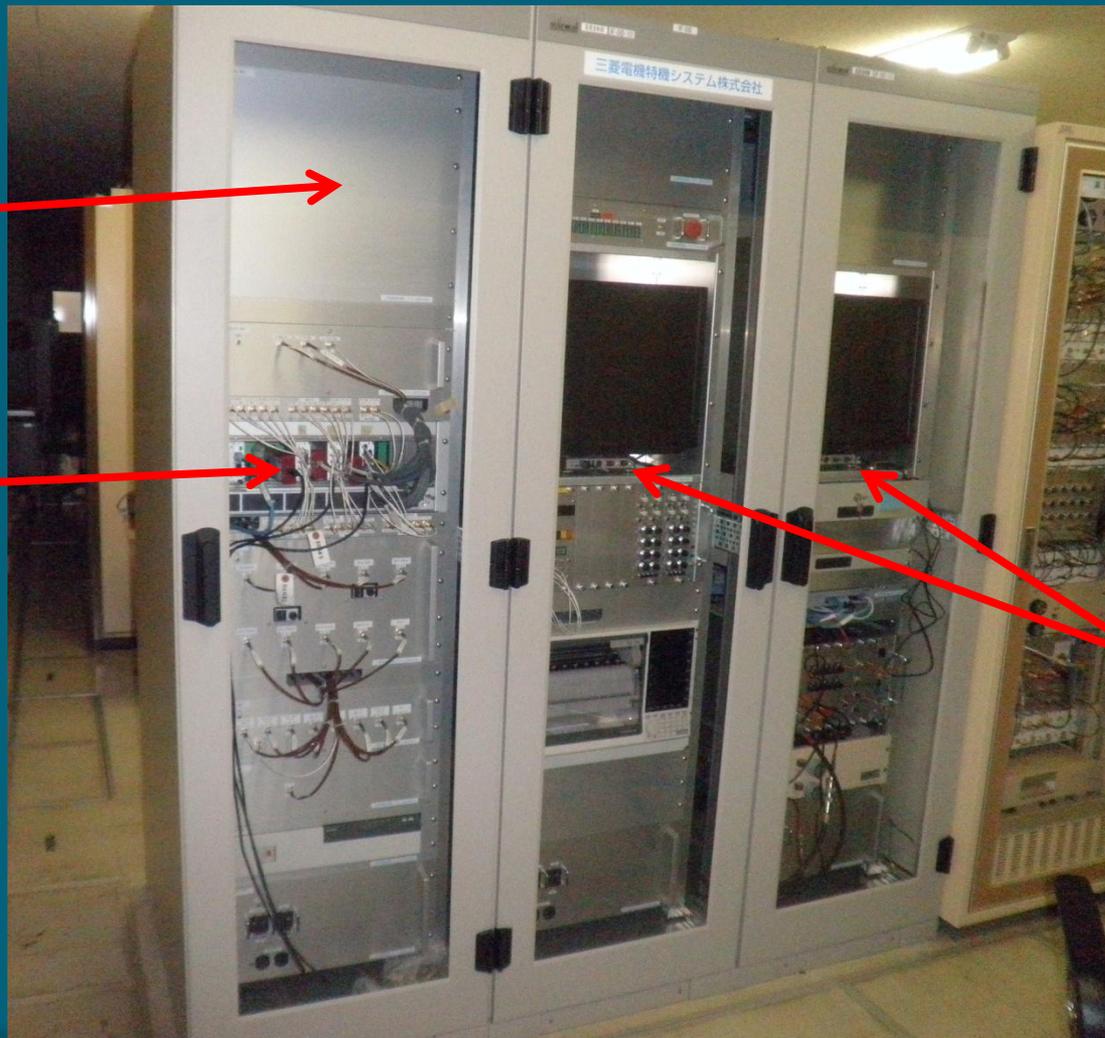
PCs
(2個)

D8 に設置された LLRF システム

IOCs

PLC
(1個)

AMCs
(3個)



OPIs

PCs
(2個)

EPICS on F3RP61

IOC

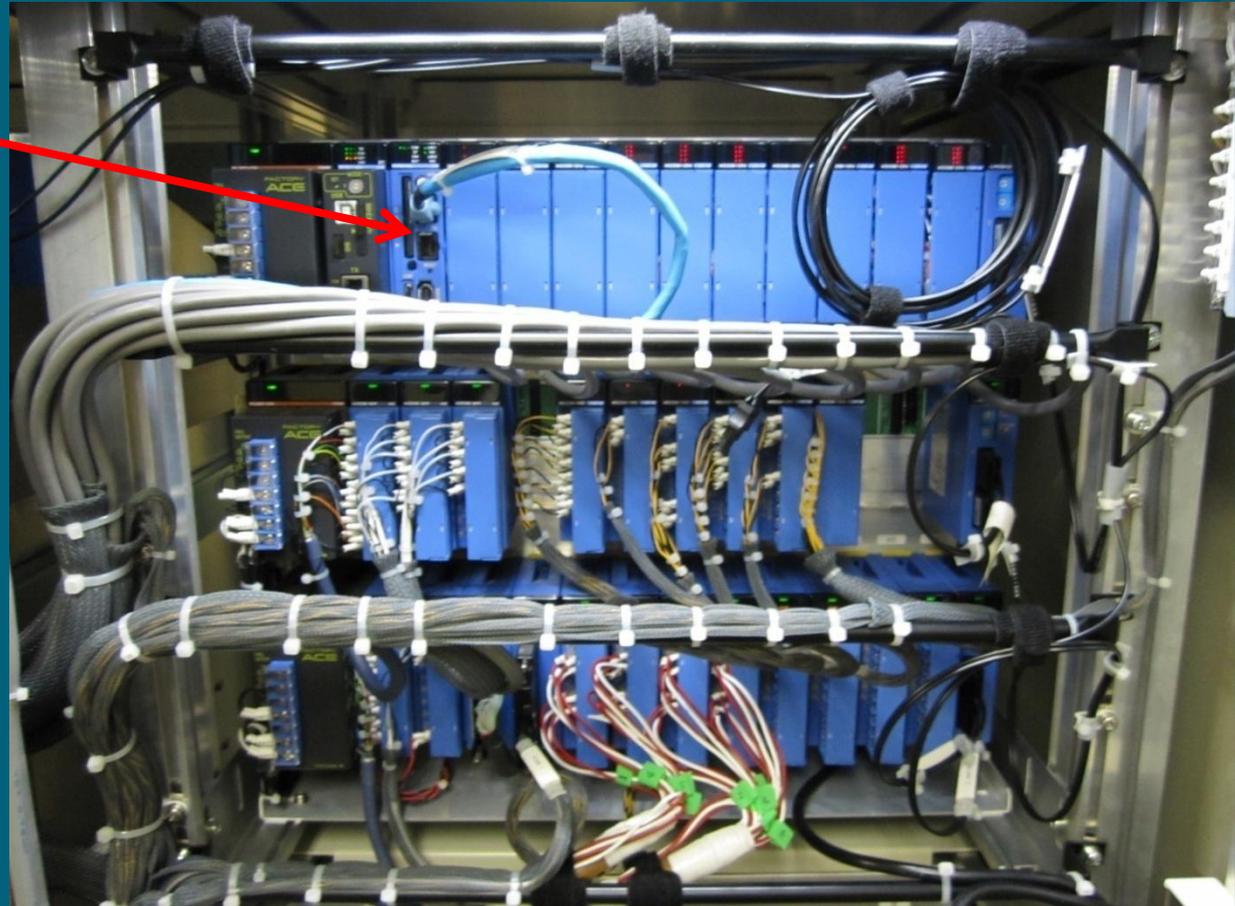
F3RP61

CPU : MPC8347E
(533 MHz)

OS : Linux
(Kernel 2.6.24.3)

ROM : 64 MB

SDRAM : 128 MB



Advanced Mezzanine Card にも IOC に

Channel Access on Gigabit Ethernet

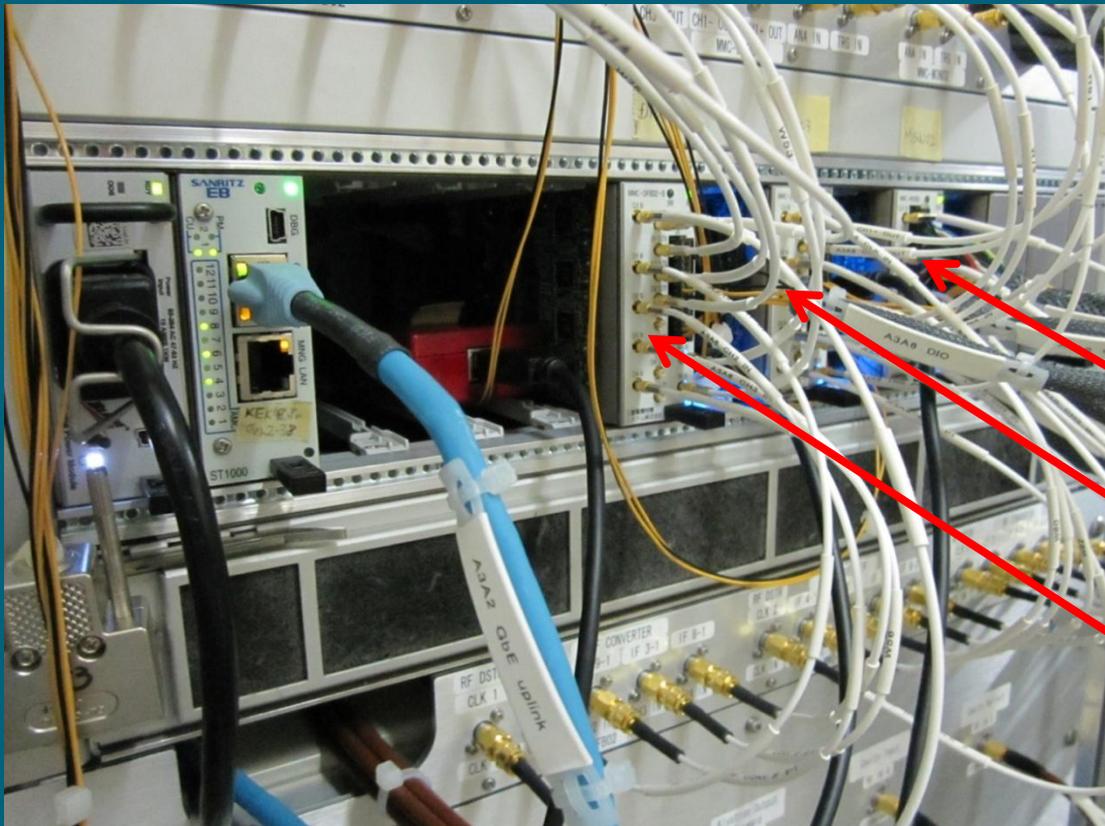
Vertex5-based
Custom Card

CPU : PPC 440

OS : WindRiver Linux 2.0

For :

RF Feedback
Tuner Control (N/A)
Fast Interlock

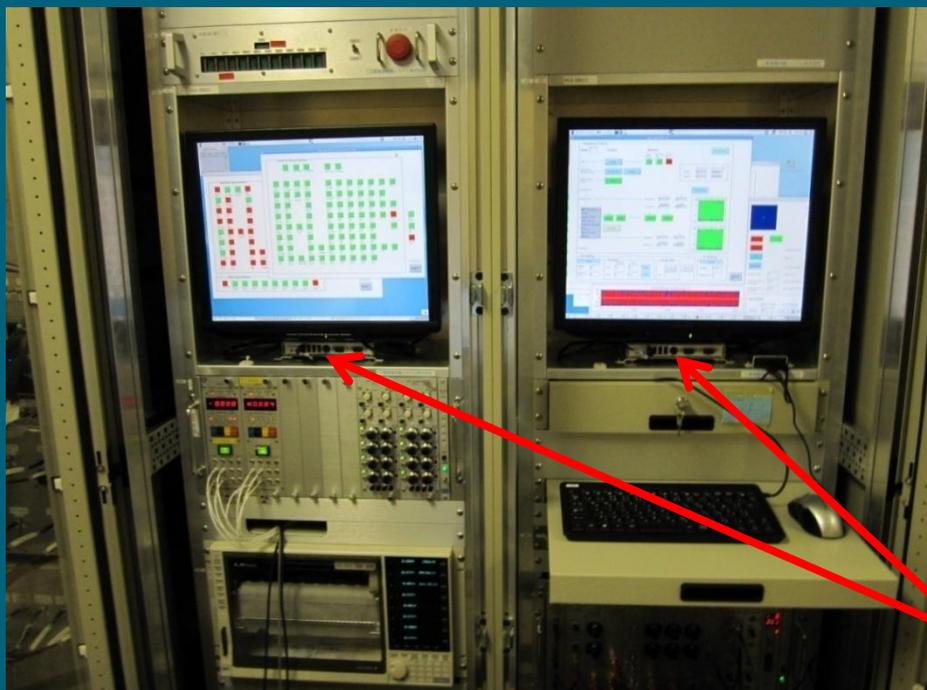


IOC

IOC

IOC

ローカル制御用 OPI



Interface 社製
STC-A016A

CPU : Intel Atom Z530
1.5 GHz
Memory : 1 GB
LAN : 1 Gbps x 2
OS : Linux (Debian)

GUI (EDM) による
ローカル制御



ハードのソフトによる代替

- ◎ インターロック・モジュール
=> ラダー・プログラム
- ◎ シーケンス・コントローラ
=> EPICS シーケンサ・プログラム
- ◎ ノブやメータ
=> GUI 上の制御/モニタ用オブジェクト
- ◎ 信号線 (の一部)
=> Channel Access

ハードのソフトによる代替に伴う 留意点

- ◎ ソフトウェア実行時の例外処理
 - I/O チャンネル (Channel Access) の“断線”など
- ◎ I/O チャンネルに対するアクセス制御
 - 回路内部の信号線に相当するチャンネルの保護
 - 現場と中央制御室との間での排他制御の実現
- ◎ リブート時の動作状態の保存と復旧
 - EPICS のレコード (揮発性メモリ上) の値は保持されない

開発したソフトウェアの範囲

- ◎ GUI 画面
 - 高機能なEDMを採用
- ◎ EPICS Sequencer
 - ロジック実装の主戦力
- ◎ Runtime database
 - I/O のためのメモリ上の構造体の集まり
- ◎ Record Support
 - リングバッファ方式の波形取り込み
- ◎ Device/driver Support + Linux kernel driver
 - FPGA とのインタフェース

高周波特性試験の風景



まとめ

- 遠隔制御のみならず、ローカル制御においても EPICS の基本的なアーキテクチャを利用した新たな LLRF 制御システムを開発した
- 既存の実績あるソフトウェア資産を最大限に活用することにより無駄な開発を避け、保守性と信頼性の高いシステムの開発を目指した（実証はこれから）
- 従来、ハードウェアにより実現していた機能の多くをソフトウェアで代替することにより、柔軟性に富むシステムの構築が可能となった
- ソフトウェアに固有の柔らかさ（= 堅さの欠如）を補うために例外処理などに十分な注意を払った

まとめ（続き）

- ヒトとハードウェアの間に位置する全てのレイヤのソフトウェアの実装を EPICS にまったく経験のない企業に委ねる、というリスクの高い試みに成功した

組込み EPICS 技術の新たな効用

ご静聴、有難うございました！

