



T2K Beamline Control System

KEK IPNS

Neutrino Gr.

K. Nakayoshi for T2K Beam Gr.

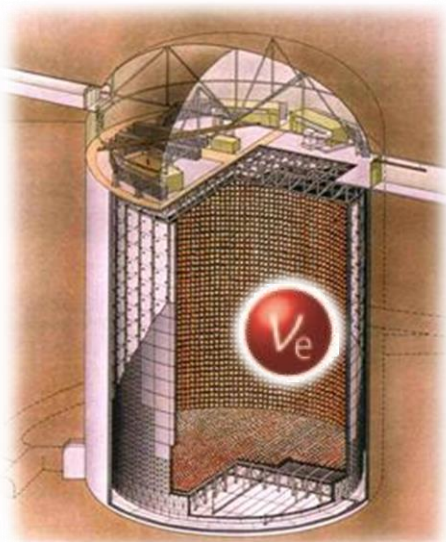


内 容

- T2K実験の概要
- T2Kビームライン
- T2Kビームライン制御の概要
- 常伝導電磁石系制御システム
 - 電流変動インターロックシステム
 - 新電源制御システム
- 今後の課題
- まとめ

T2K (Tokai to Kamioka) Experiment

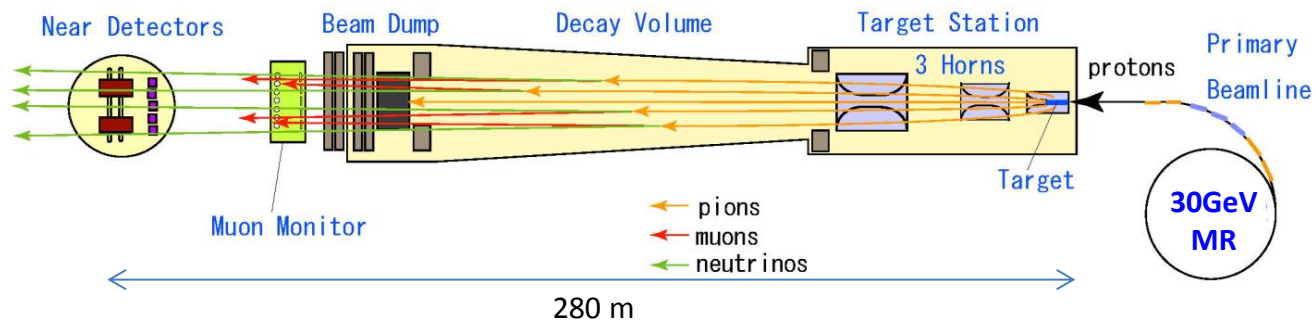
A long-baseline neutrino oscillation experiment at J-PARC



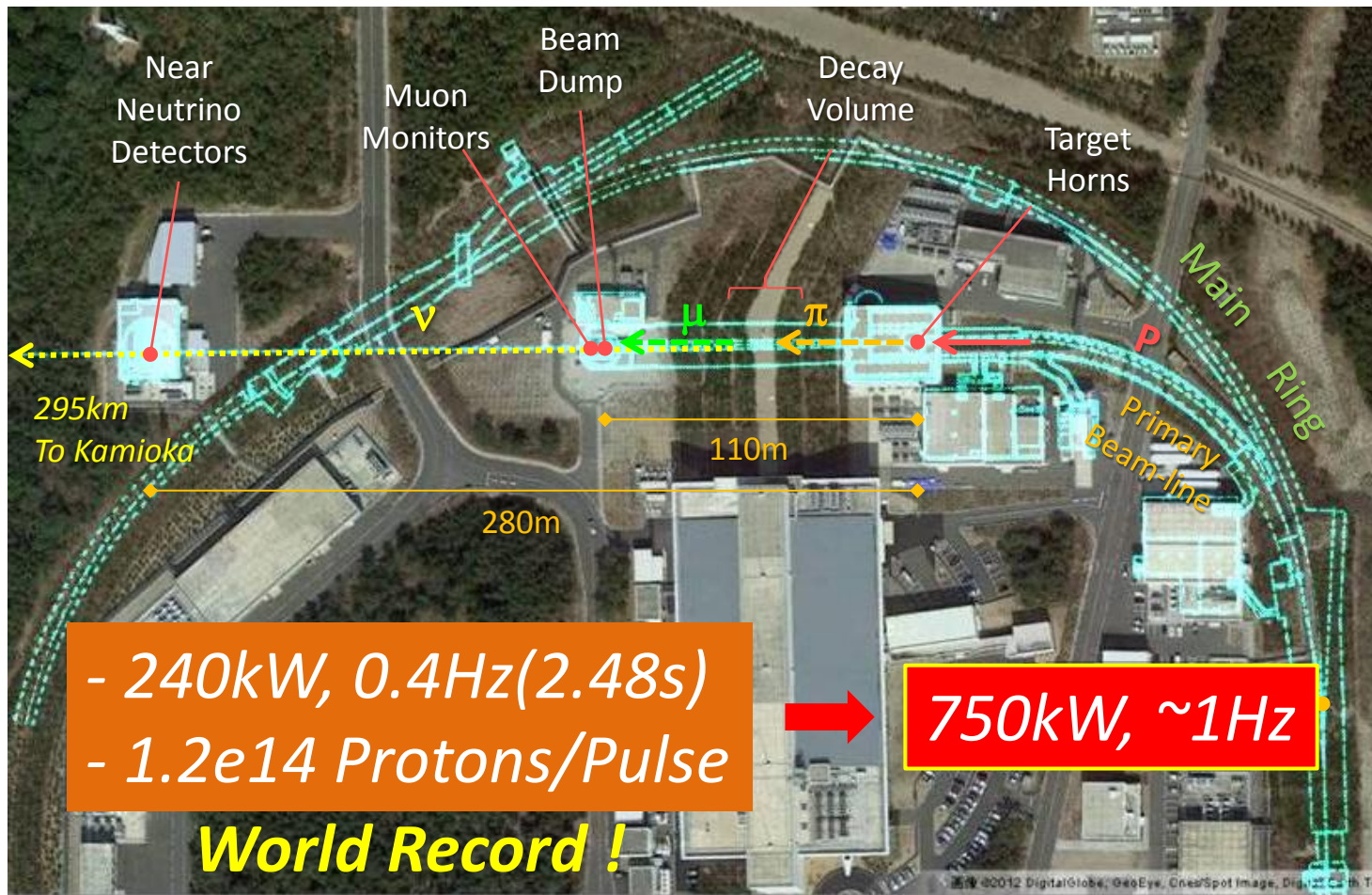
SK@Kamioka



J-PARC@Tokai



Neutrino Facility at J-PARC



T2K Beamline 制御システム

- スピル同期DAQ
 - ビームショット毎にビームライン機器の情報を収集し、取り出したビームおよびビームライン機器の健全性を確認
- **ビームライン機器制御**
 - 電磁石電源等のビームライン機器の制御/監視
- インターロック
 - ニュートリノ実験施設のPPS, MPSの実装・監視

本日のトーク

Machine Protection System

MPS (Machine Protection System)

- ビームライン機器を大強度ビームから保護するためのインターロック

ビームライン機器の障害、ビームロス増大が発生



MPSを発報、ビームを運転を停止

**大強度ビーム運転においては
MPSインターロックは非常に重要**

T2Kビームライン制御の概要

T2Kビームシフト用ディスプレイ



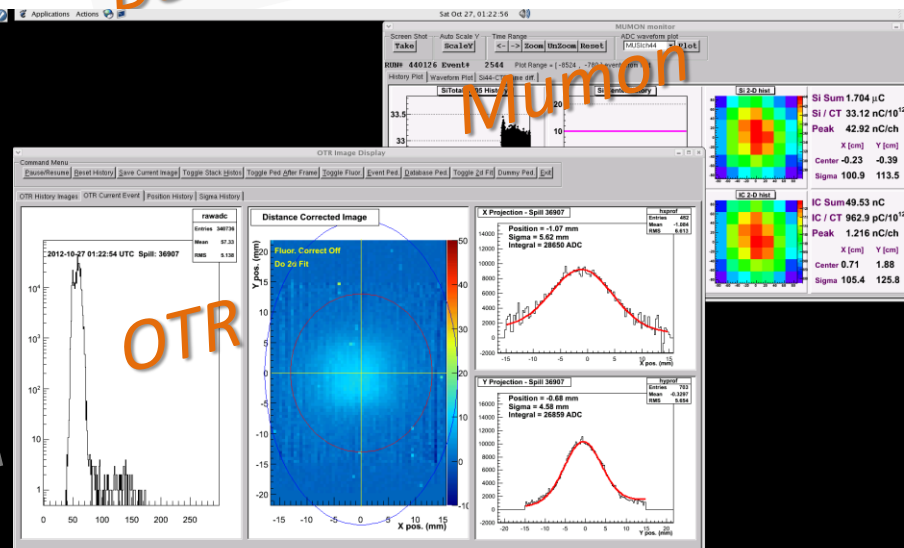
Slow monitor summary

Beam monitor summary



Monitor summary

BLM HV ctrl.



OTR

Mumon

T2Kビームシフト用ディスプレイ(2)

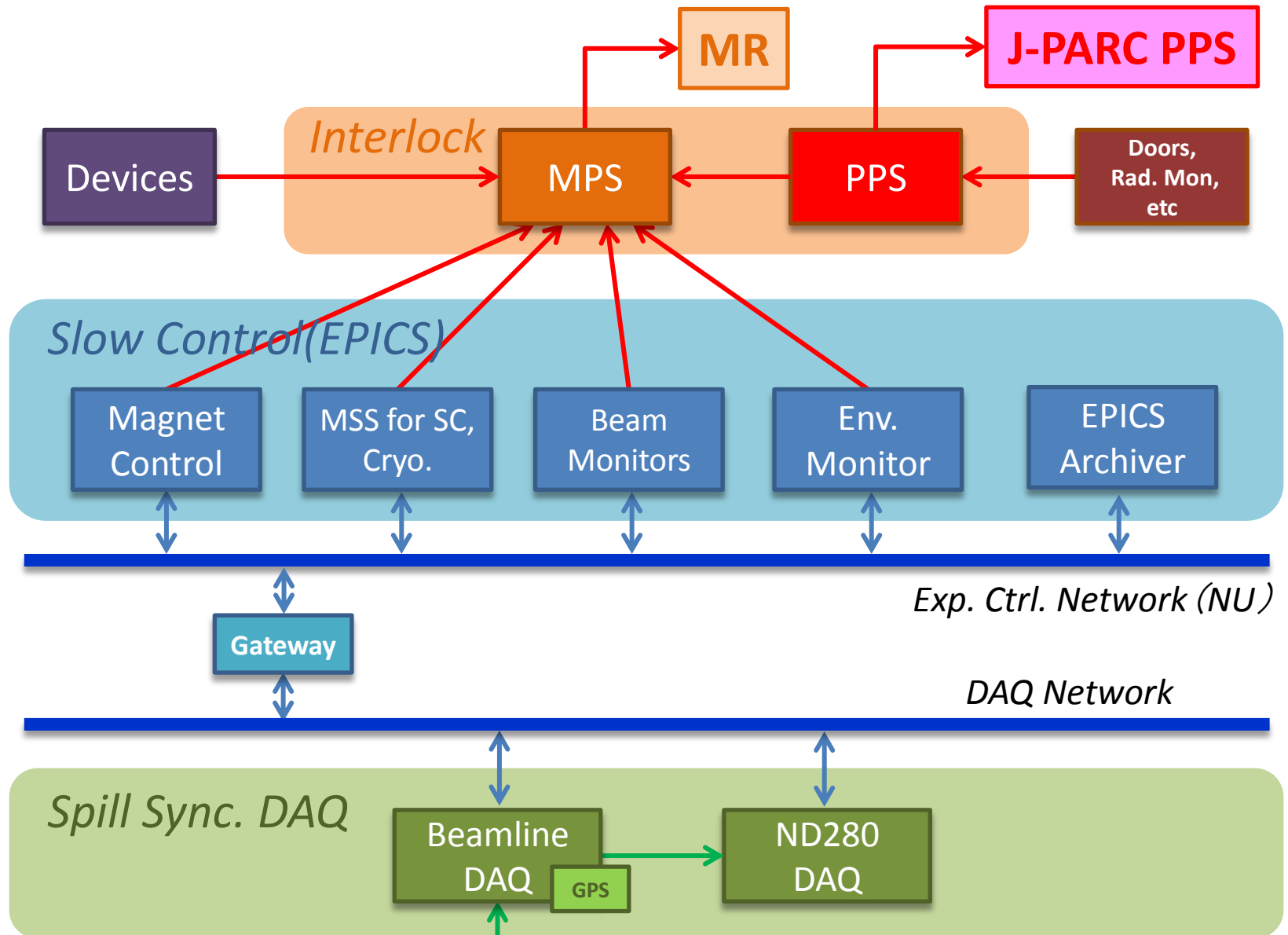
The screenshot displays three main control panels for the T2K beam shift system:

- Abort/Inhibit Monitor:** A panel with various status indicators for BLMP, Magnet, SSEM, and NU3. It includes buttons for 'NU Abort OUT-1' and 'NU Abort OUT-2'.
- Alarm Monitor:** A central panel with a large red 'Abort' button, 'BeamMonitor Summary', and 'SlowMonitor Summary' sections. It features a 'Stop Alarm' button and a status table with columns for 'name', 'curr. (A)', and 'low,high (A)'. The table lists components like FQ1, FV1, FH1, FV2, FQ2, FQ3, FH2, FVD1, FQ4, and FVD2.
- T2K Magnet Control (PRE,FF) : Control mode:** A table showing magnet parameters. The table has columns: Name, Set User, Set (unit), Inow (A), Imon (A), Vmon (V), Rem/Loc, ILK(Int), ILK(ext), ON/OFF, Pol. The table lists magnets from PV1 to FVD2.
- T2K Magnet Control (SC) : Control mode:** A table showing SC magnet parameters. The table has columns: Name, Set User, Set (unit), Operate, Cmon (A), Vmon (V), Rmote/Local, OK/NG, ON/OFF, Pol. The table lists SC magnets.

Large orange text overlays are present on the image:

- 'Alarm Monitor' is written across the central panel.
- 'Magnet control(NG)' is written across the top-right magnet control table.
- 'Magnet control(SC)' is written across the bottom-right magnet control table.
- 'Magnet interlock(NG)' is written across the bottom-left magnet interlock diagram.
- 'Abort/Inhibit Monitor' is written across the left panel.

T2K Beamline DAQ/Control



Slow Control/Monitoring by EPICS

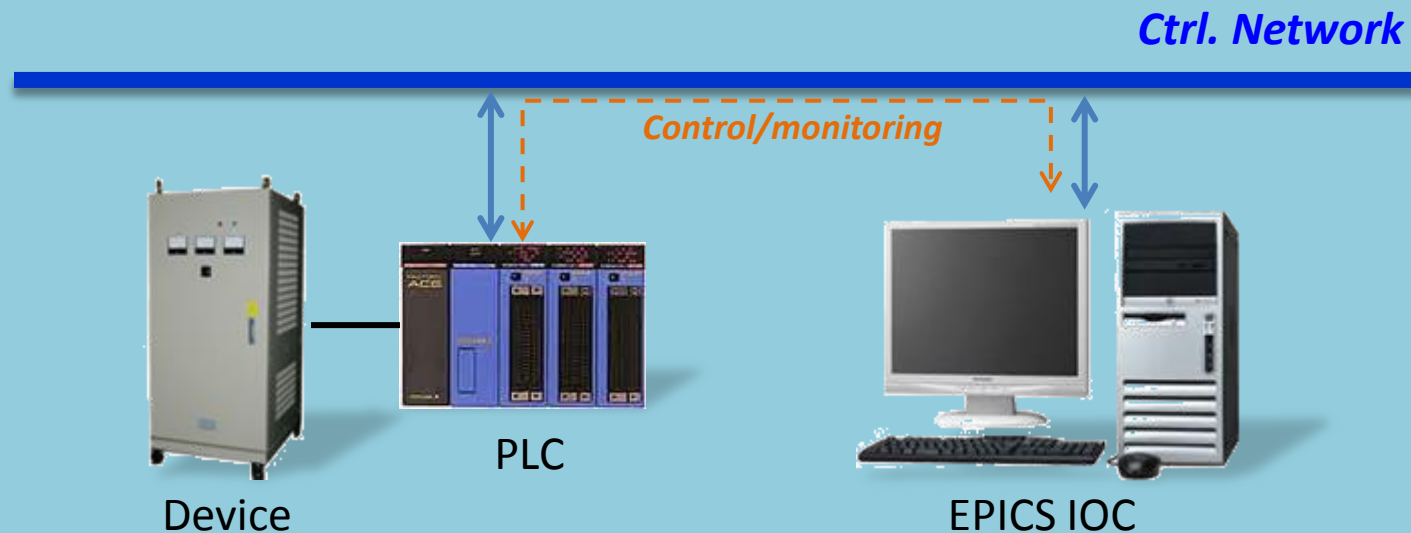
- J-PARC加速器の制御ソフトウェア標準はEPICS
- T2Kビームライン情報はEPICSチャンネル化して加速器と情報を共有

**大強度加速器 + ビームライン運転には
情報共有が重要！**

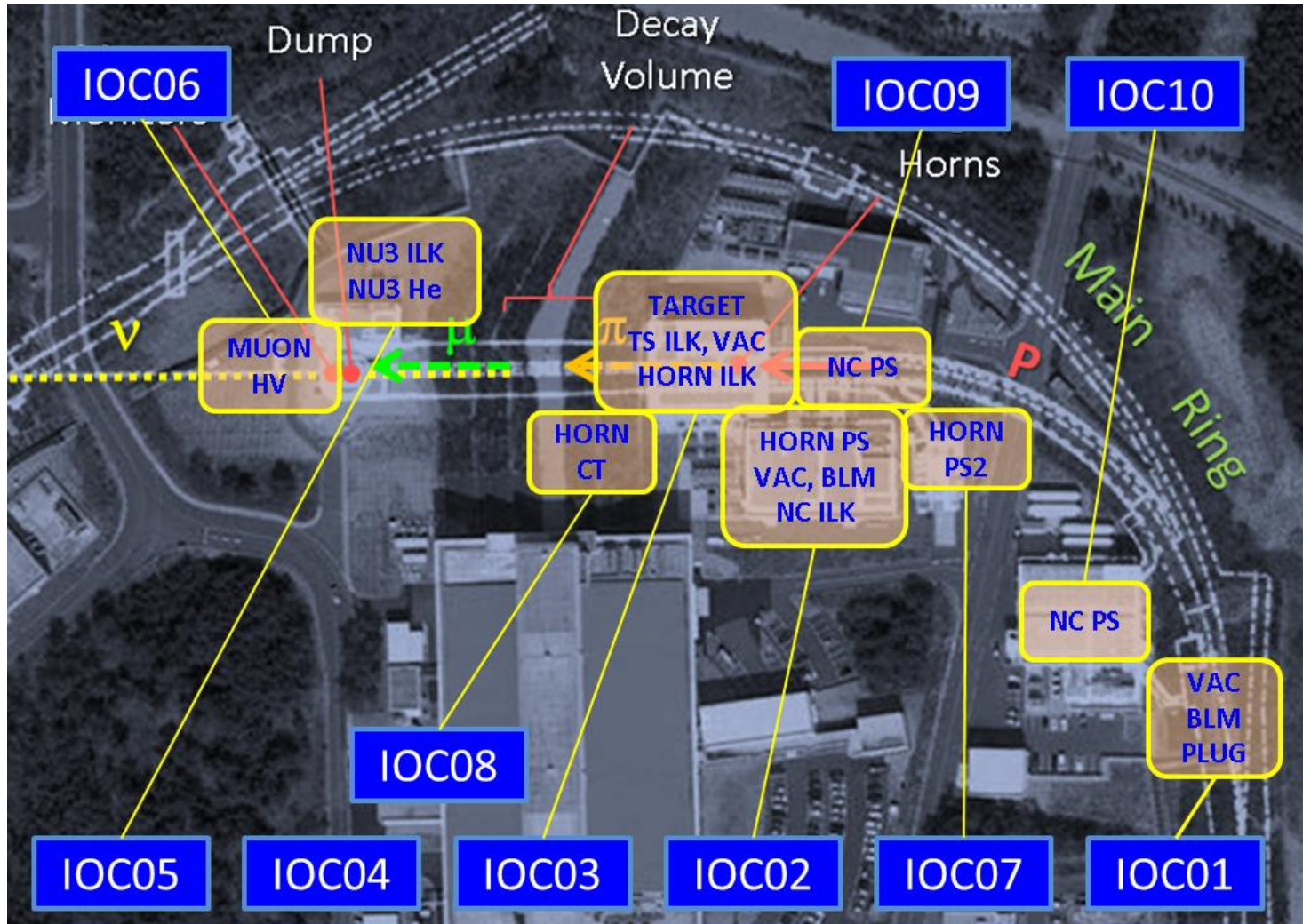
PLC Control/Monitoring by EPICS

- T2KではスローコントロールはPLC + EPICSを使用(~60台)
- EPIC IOC(I/O Controller)はクライアントからの命令でデバイスを制御するサーバ

EPICS Framework

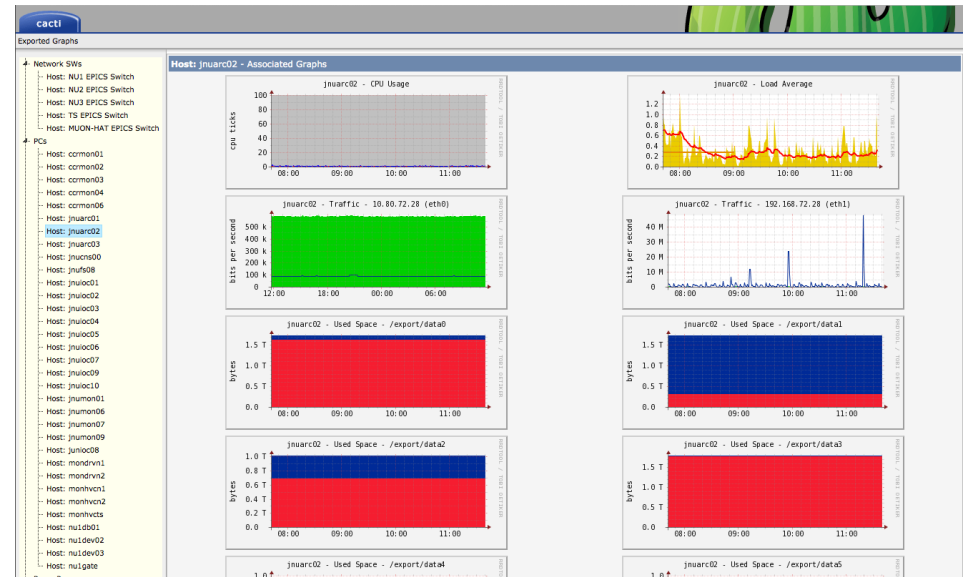


EPIC IOCs at T2K



Monitoring of Network devices

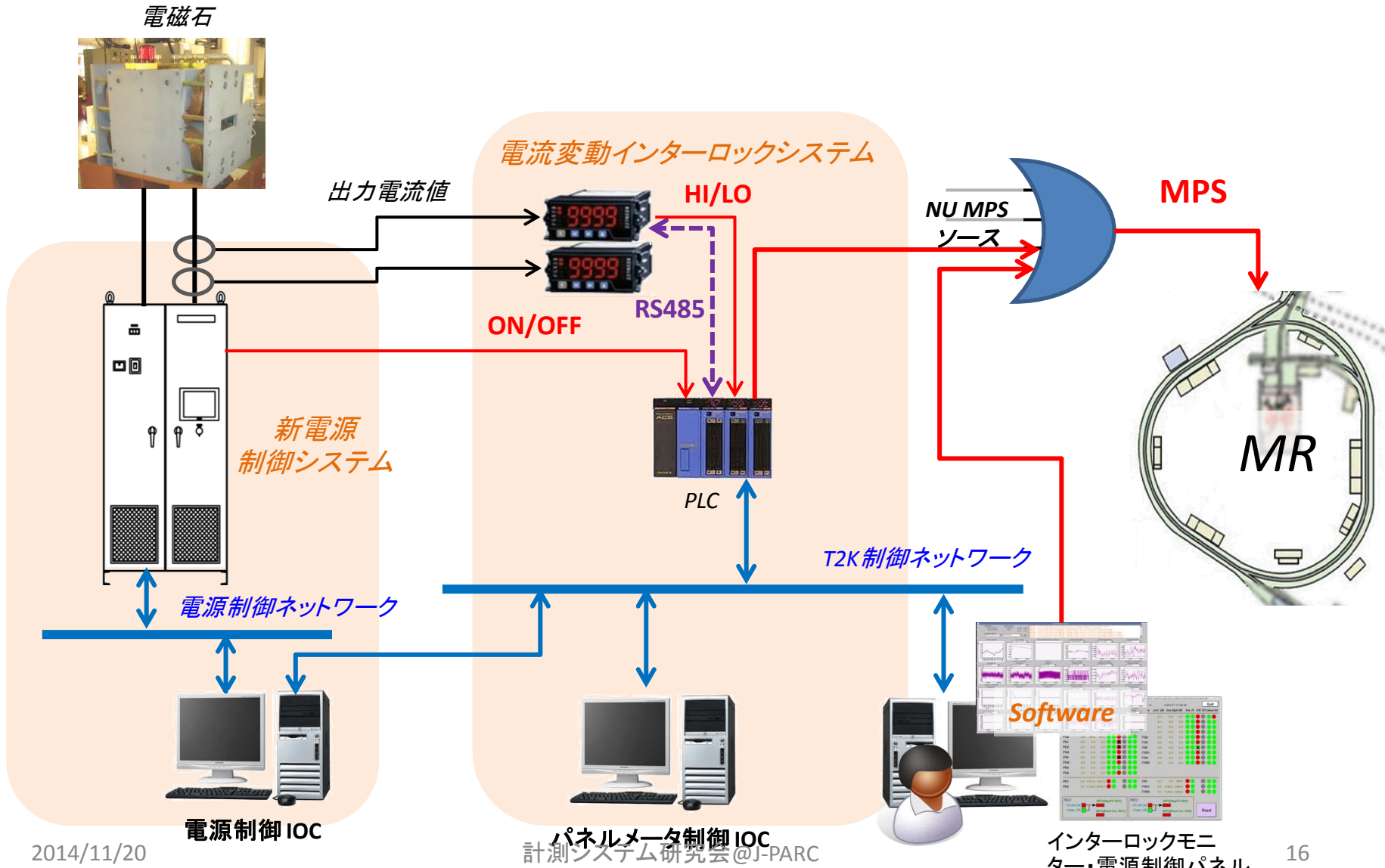
- 制御ネット機器：～200台
 - PLC: 60台
 - PC: 70台 (IOC: 10台)
 - データロガ等: 20台
- PCはほとんどLinux(SL)



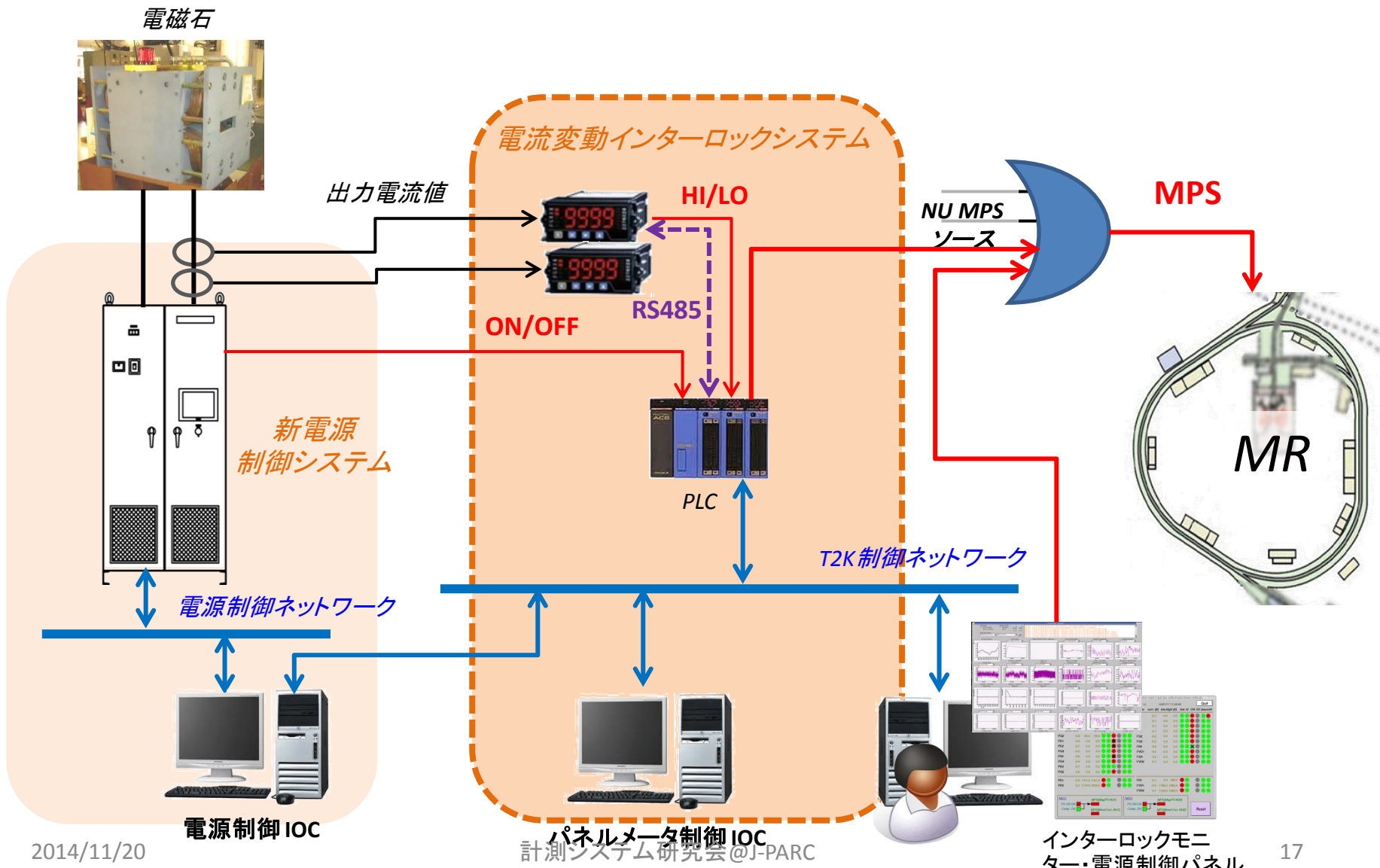
- Cactiを利用して制御ネット上のネットワーク機器(PC,スイッチ)、制御室温度、トンネル圧力等をモニタしている
- モニタ値が閾値を越えた場合は担当者へメール

常伝導電磁石系制御システム

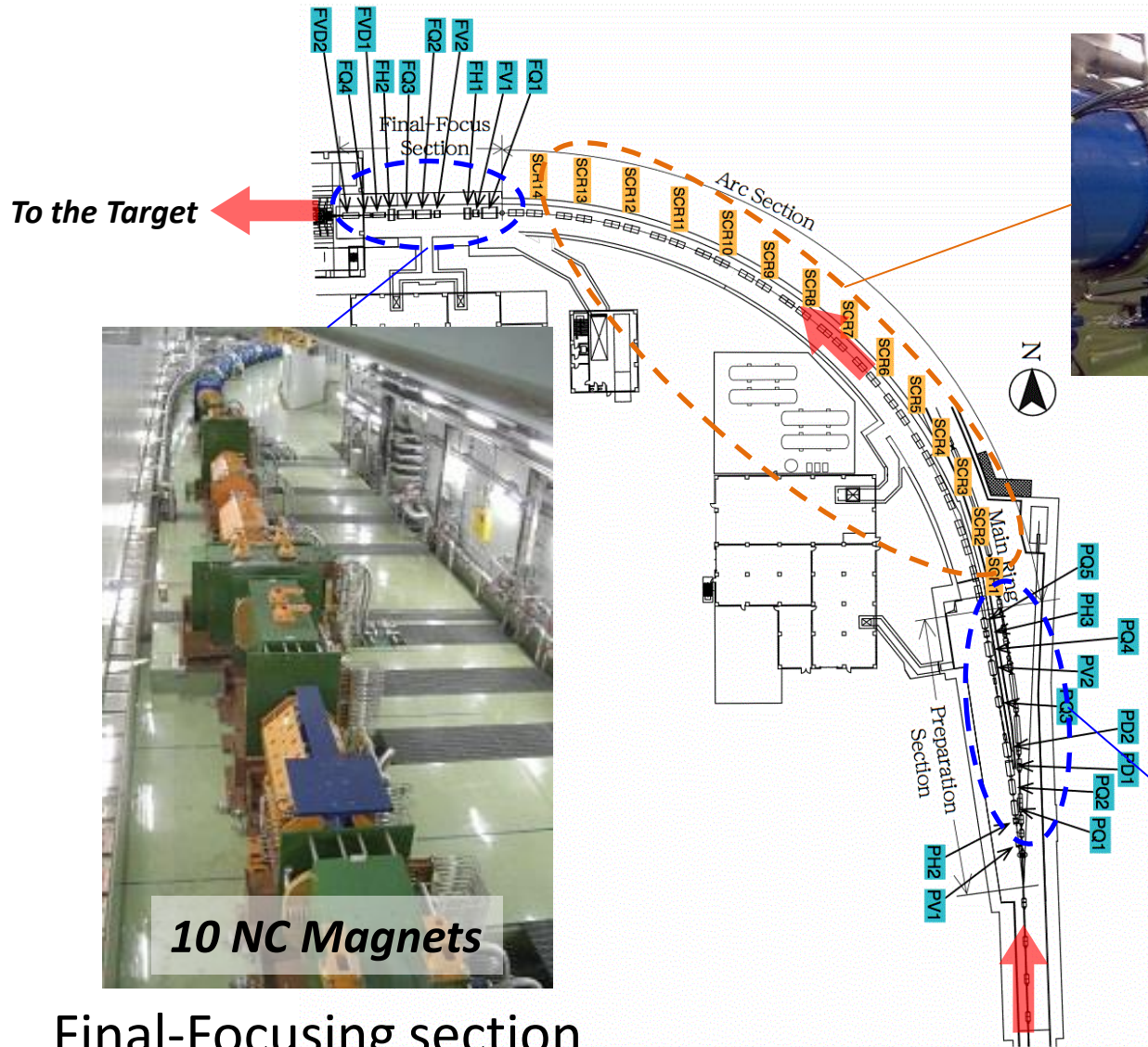
常伝導電磁石制御システム



常伝導電磁石制御システム(インターロックパート)



T2K Primary Beamline



Arc section



Final-Focusing section



Preparation section

常伝導電磁石電源 電流変動インターロックシステム

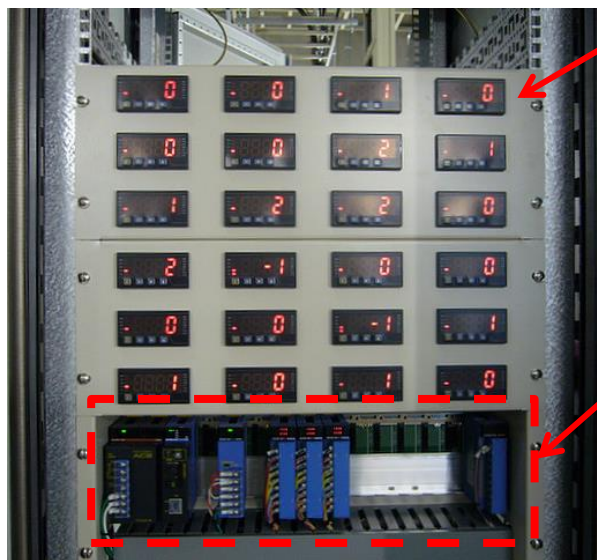
汎用デジタルパネルメータとPLCによる
電流変動インターロックシステムを構築

- 小型・比較的安価
- コンパレータ/スケーリング機能
- HH/HI/LO/LL出力
- ローカル操作が容易
- 警報時表示色変化



スペック

入力	DC -9.999 to 9.999 V
表示	-9999 to 9999
サンプリング	1 kHz
通信	RS485/RS232C



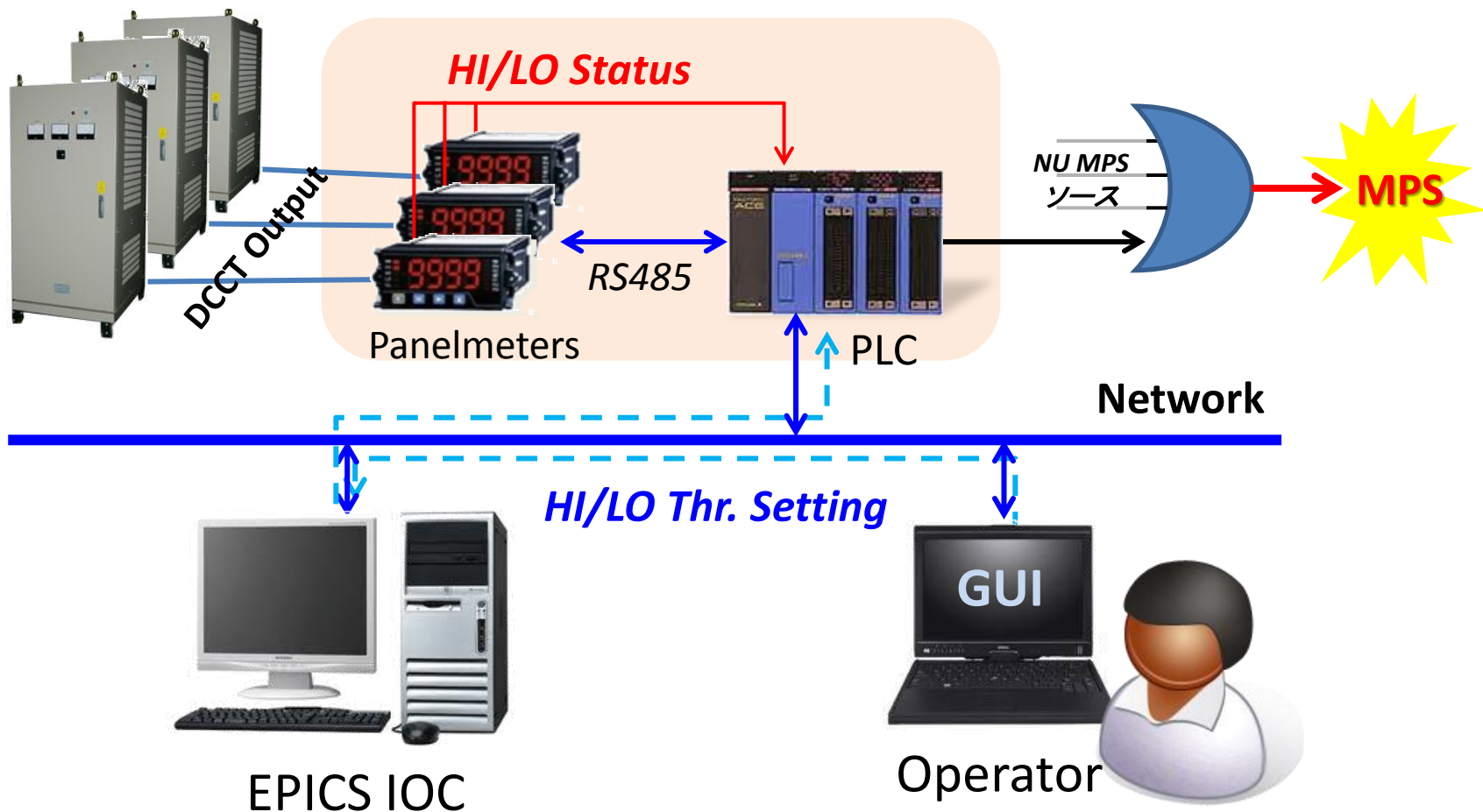
渡辺電機工業
A7111-C

YOKOGAWA
PLC FA-M3

Interlock System for PS of NC Magnets

- 電源設定時にパネルメータのHI/LOの閾値を設定
- パネルメータは電流値を常時、サンプリング/デジタイズし閾値と比較
- 閾値を越えた場合、HI/LOの信号を出力する
- 2011年から開発開始。2012年より運用開始

NC PS (x 21)



パネルメータ制御プログラム

Wide Field3 [NU1 MG_IL] - ブロック編集: CMP_COM2 (CMP_COM2)

プロジェクト [NU1 MG_IL] の構成:

- 実行プログラム NU1 MG_IL
 - F3SP66-4S
 - 構成定義
 - 共通信号定義
 - 定数定義
 - CPUプロパティ
 - プロジェクトの設定/コンフィギュレーション
 - 構成ブロック
 - 1 IN (IN)
 - 2 OUT (OUT)
 - 3 INIT_RS (INIT_RS)
 - 4 DMP_COM2 (DMP_COM2)**
 - 5 HILO (HILO)
 - 6 ON_OFF (ON_OFF)
- ブロック一覧 (灰色は実行プログラムへ未登録)
 - CMP_COM (CMP_COM)
 - CMP_COM-110804 (NO-NAME)
 - CMP_COM2 (DMP_COM2)**
 - HILO (HILO)
 - IN (IN)
 - INIT_RS (INIT_RS)
 - ON_OFF (ON_OFF)
 - OUT (OUT)
 - TESTR (TESTR)
 - TESTW (TESTW)
 - TEST_MON (TEST_MON)
 - TSUM (TSUM)

送信データ例

行数=430 ステップ数=1867



チェックサムを計算

チェックサム下位8bitの上位4bit
 チェックサム下位8bitの下位4bit

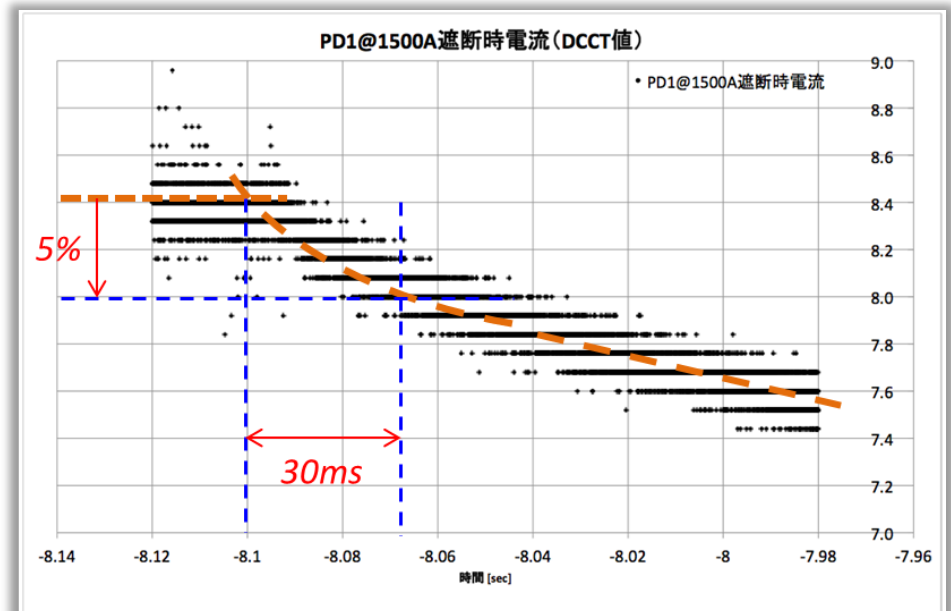
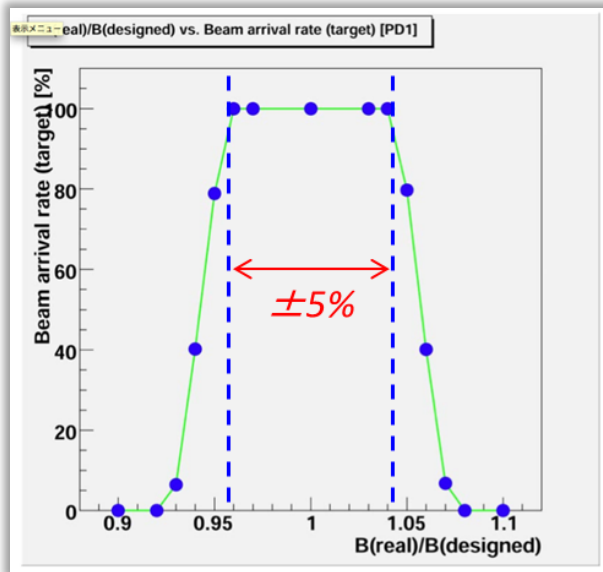
Requirements

一次ビームラインの常伝導電磁石電源の

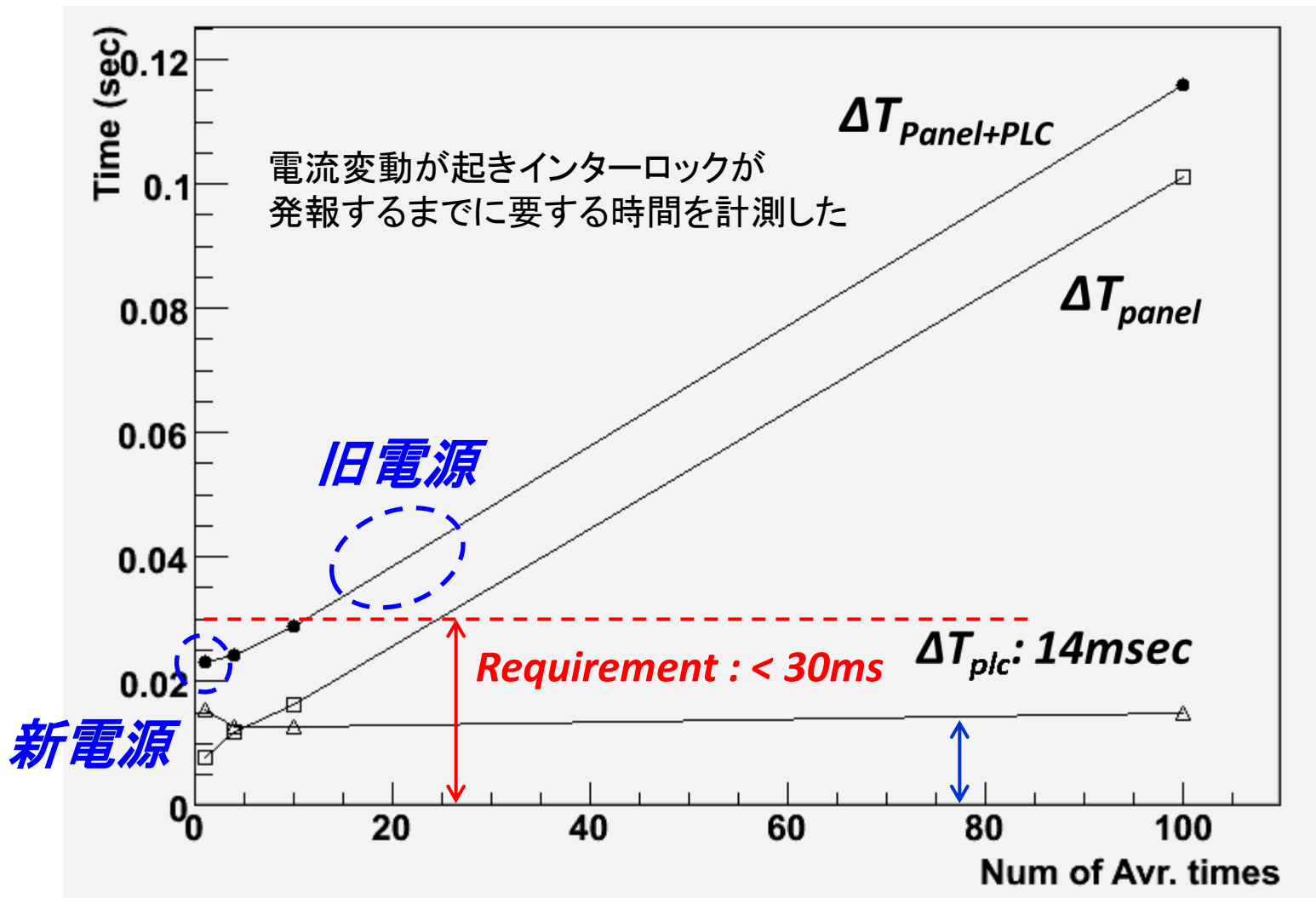
- 電流変動が起きた場合MPSを発報して大強度ビームからビームライン機器を保護

偏向電磁石の磁場変動が $\pm 5\%$ ならビームはターゲットへ到達。新電源の場合、磁場が5%落ちるまで $\sim 30\text{ms}$

⇒電流変動後30ms以内にMPSを発報すればビームはビームライン機器を叩かない



インターロック発報時間計測



運転実績(旧電源)

MPS history

Date	Magnet	Operation	HI / LO	Change
18 May 2012	PQ2	485.0 A	490.0 / 480.0 A	485.0 -> 462.0 A
24 Nov. 2012	PV2	-2.0 A	3.0 / -5.0 A	-2.0 -> 14.6 A
21 Jan. 2013	PD2	1206.9 A	1211.9/1201.9 A	1206.9 -> 60.5 A

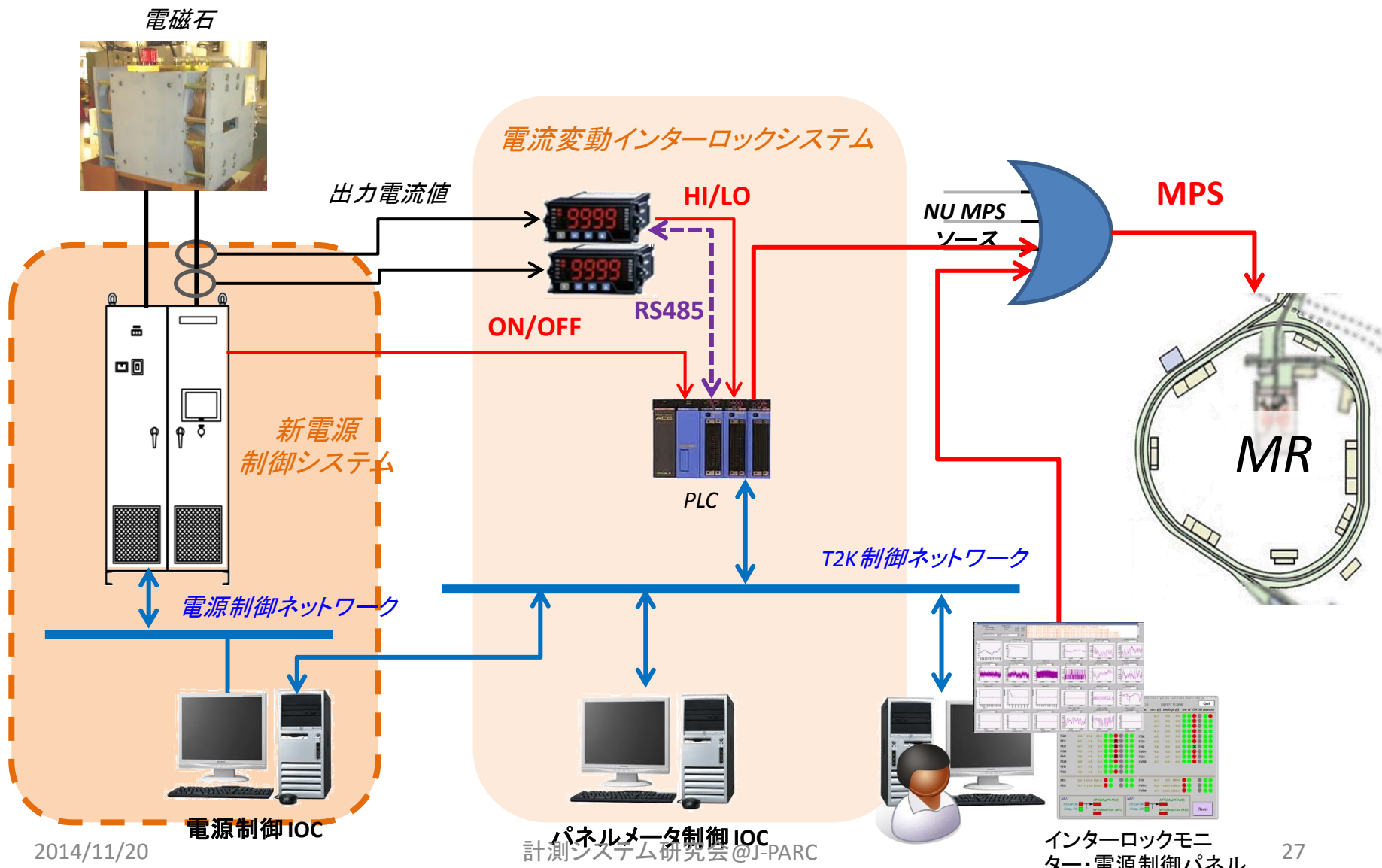
2012年3月から現在まで
3回の電流変動を検出した

パネルメータの改良・改善点

- パネルメータの利点
 - 比較的安価
 - ローカル操作が容易
 - 表示機能
- パネルメータへの不満
 - シリアル(RS485)通信
 - 通信エラー時にリセットできない
 - サンプリングレート(1kHz)

表示機能はなくてよく、~10kHzのサンプリングレート、リモートからリセットできネットワーク制御・読み出し可能なコンパレータモジュールが欲しい

常伝導電磁石制御システム(電源制御パート)



一次ビームライン常伝導電磁石電源更新

要求仕様

- 安定度: $\pm 0.1\text{A}$ (ターゲット上のビーム位置 $< 50\mu\text{m}$)

- 今年、一次ビームライン常伝導電磁石電源全21台を更新
 - 老朽化(1970~80年代)
 - 今後のメンテナンス性
 - 電源定格と実運転電流値の乖離
 - 震災による影響
- 2013年7月入札
- 2014年9月納品
- 2014年9、10月実負荷試験・調整
- 2014年11月ビーム運転

常伝導電源更新チーム
- 藤井、坂下、仲吉

新常伝導電磁石電源

旧電源@NU1



新電源@NU1



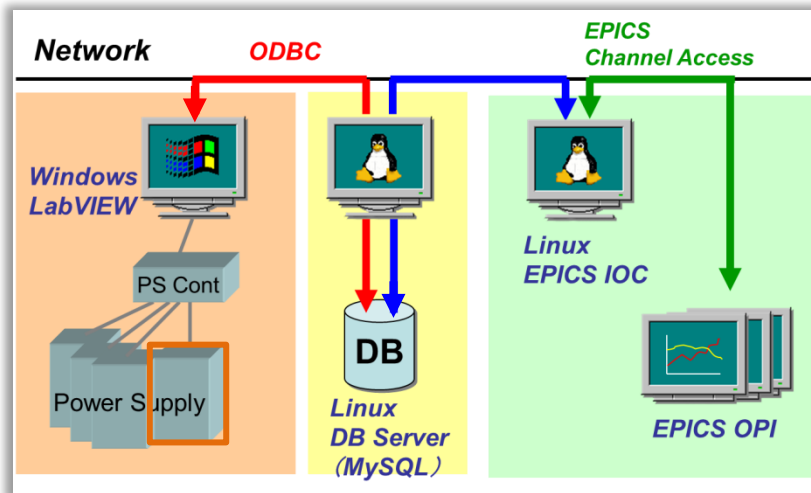
電源種	定格電流(A)	運転電流
ステアリング	±1000	-82.3～5.0
ステアリング	±1300	24.0
ステアリング	±1600	33.4
四重極	1000/1300/1500/ 1750/2300/2500	354.0～551.9
ダイポール	1700/2300/2500	1145.9～1271.5

電源種	定格電流(A)	運転電流
ステアリング	±100	-16.0～33.4
ステアリング	±200	-38.5～24.0
ステアリング	±400	-82.3
四重極	1000	354.0～551.9
ダイポール	1500	1145.9～1271.5

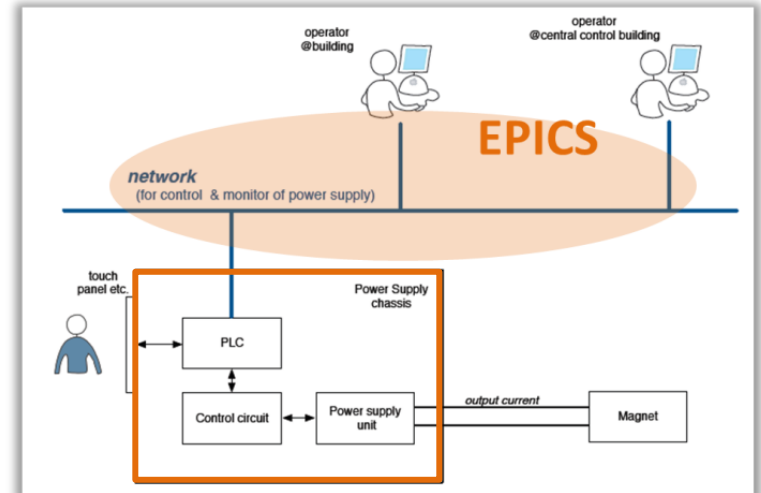
新電源制御

T2K電源制御の基本方針

- 本体タッチパネル等によるローカル制御
- EPICSとPLCによるリモート制御

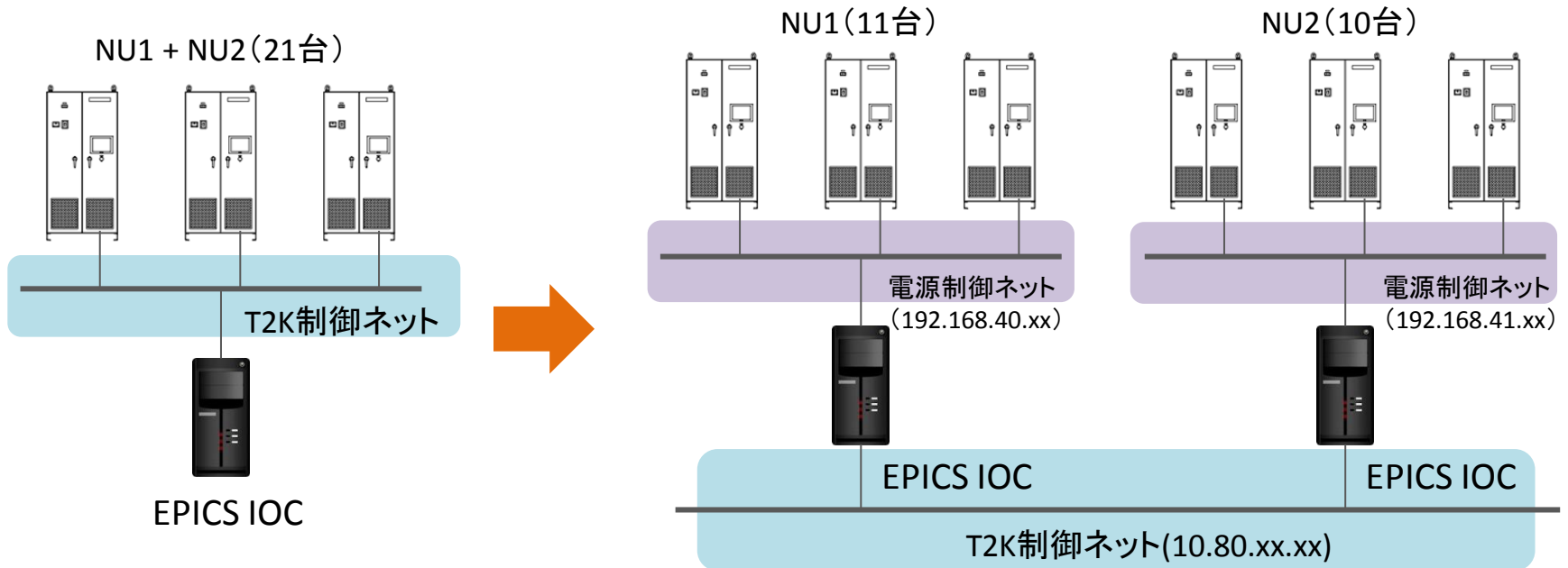


旧電源制御システム



新電源制御システム

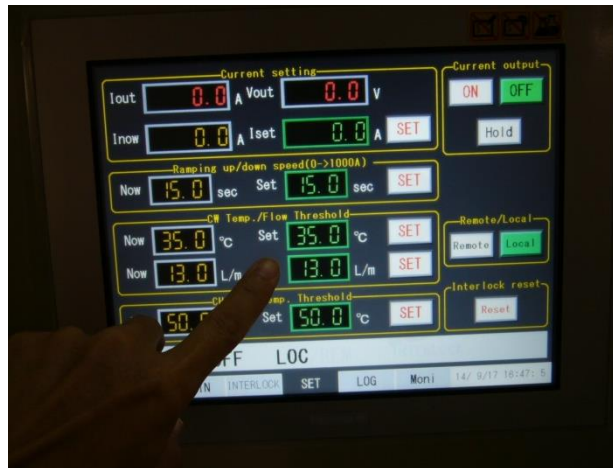
新電源制御ネットワーク構成



- EPICS IOCをNU1, NU2対応の2台にして負荷を分散した
- 制御ネットと電源制御ネットを分離することにより制御ネットのトラフィックの影響を遮断

新電源の稼働状況

- 実負荷試験時に電源制御PLCラダーのバグを修正
- 2014年11月から運用開始。新電源制御システムは現在まで問題なく運転中



T2K beam-line magnet status (NC,SC) ver. 20140926 14/11/19 16:46:07

name	iset(A)	inow(A)	kout(A)	Vout(V)	remote/local	ILK(int)	ILK(ext)	on/off	pol
PV1	0.0	0.0	0.0	0.0	REMOTE	OK	OK	OFF	MINUS
PH1	0.0	0.0	0.0	0.0	REMOTE	OK	OK	OFF	MINUS
FO1	520.0	520.0	520.0	61.0	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
FO2	485.0	485.0	484.7	47.3	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
PD1	1116.1	1116.1	1116.0	74.1	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
PD2	1214.7	1214.7	1214.5	65.1	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
FO3	408.0	408.0	408.1	23.6	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
PV2	0.0	0.0	0.0	0.0	REMOTE	OK	OK	OFF	MINUS
FO4	354.0	354.0	354.4	37.7	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
PH3	0.0	0.0	0.0	0.0	REMOTE	OK	OK	OFF	MINUS
FO5	423.0	423.0	423.6	17.1	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
FO6	274.8	274.8	274.9	10.9	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
FV1	-45.7	-45.7	-45.6	-3.5	REMOTE	OK	OK	ON	MINUS
FV1	-84.6	-84.6	-84.6	-7.2	REMOTE	OK	OK	ON	MINUS
FV2	60.5	60.5	60.5	40.3	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
FO2	439.7	439.7	440.2	40.9	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
FO3	418.3	418.3	418.3	38.0	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
FR2	0.3	0.3	0.3	0.0	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
FVD1	1299.9	1299.9	1299.8	54.0	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
FO4	242.5	242.5	242.5	13.4	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS
FVD2	1214.3	1214.3	1214.4	64.6	REMOTE	OK	OK	ON	PLUS

name	set	unit	operate	cmon(A)	vmon(V)	remote/local	OK/NG	on/off	pol
SC	4359.0	(A)	4359.0	4356.7	0.8	REMOTE	OK	ON	PLUS
SSD3	0.0	(A)	0.0	0.0					MINUS
SND3	0.0	(A)	0.0	-0.0					PLUS
SSD7	0.0	(A)	0.0	0.0					MINUS
SND7	0.0	(A)	0.0	-0.0					PLUS
SSD8	0.0	(A)	0.0	0.0					MINUS
SND8	0.0	(A)	0.0	-0.0					PLUS

NC Alarm: ■ SC Alarm: ■ DB Alarm: ■ Quit

今後の課題

- MRビーム強度の増大対応
 - MPSの強化(MPSの実装箇所の増大)
 - EPICS IOCを増やして負荷分散
- MRビームサイクル高繰り返し対応
 - EPICS IOCスキャンタイムの高速化
 - EPICS IOCを増やして負荷分散
- 制御PCのOS入れ替え

まとめ

- T2K実験のビームライン制御の概要を説明した
- T2Kのビームライン制御はEPICSとPLCの組み合わせを基本としている
- 今年、更新を行った1次ビームライン常伝導電磁石電源の制御システムとそのインターロックは安定に稼働している

Backup

Programmable Logic Controller

- Yokogawa FA-M3Vシリーズ
 - KEKB, J-PARCで使用実績
 - EPICS用デバイスサポート有
- モジュール
 - CPU
 - 接点入出力
 - A/D, D/A
 - カウンター
 - 通信 (RS232/RS485, GPIB)
- プログラミング
 - ラダー言語



電源

CPU

