

## Development Status of MPS for the IFMIF/EVEDA Accelerator

Takahiro Narita<sup>#</sup>, Toshiyuki Kojima, Kazuyoshi Tsutsumi, Hiroki Takahashi, Hironao Sakaki  
Japan Atomic Energy Agency (JAEA), Rokkasho, Aomori, JAPAN

### Abstract

International Fusion Materials Irradiation Facility (IFMIF) is an accelerator-based neutron irradiation facility to develop materials for a demonstration fusion reactor next to ITER. For providing materials to make a decision of IFMIF construction, Engineering Validation and Engineering Design Activities (EVEDA) under the Broader Approach agreement have been started. IFMIF/EVEDA prototype accelerator consists of Injector, a 175MHz RFQ linac, a matching section, the first section of Superconducting RF linac, a high energy beam transport line and a beam dump, and the acceleration tests by employing the deuteron beam of 125mA are planning in Rokkasho, Aomori, Japan.[1] One of the control system for IFMIF/EVEDA prototype accelerator (IFMIF/EVEDA Acc), Machine Protection System (MPS) realize the beam rapid stop to minimize the beam loss. This paper presents the development status of the MPS, and the prospects to apply them to the Injector test.

## IFMIF/EVEDA 加速器制御系機器保護システム (MPS) の開発状況

### 1. はじめに

国際核融合材料照射施設 (IFMIF) に関する工学実証及び工学設計活動 (EVEDA) におけるプロトタイプ加速器は、9MeV/125mA の大強度 CW D<sup>+</sup> ビームを生成する。この IFMIF/EVEDA プロトタイプ加速器の制御システムは、中央制御システム (CCS)、ローカルエリアネットワーク (LAN)、人員保護システム (PPS)、機器保護システム (MPS)、タイミングシステム (TS)、ローカル制御システム (LCS) の 6 サブシステムによって構成される[2]。各サブシステムは、欧州が LCS を、日本がその他 5 サブシステムを担当し、日欧共同で制御システムの開発を進めている。

本件では、MPS の概要と 2010 年秋に行われる入射器との接続試験に向けた開発状況を報告する。

### 2. MPS 開発方針

IFMIF/EVEDA 加速器は、9MeV/125mA CW 重陽子 (D<sup>+</sup>) の大強度ビームを生成し、IFMIF 加速器の工学実証・設計を目的としている。また、本加速器開発は、期間が限られた (~2014 年)、日欧共同の国際プロジェクトである。

以上より、MPS の開発には以下が要求される。

- (1) 大強度 D<sup>+</sup>ビームのロスによる加速器の深刻な損傷を回避する、異常時の高速ビーム停止
- (2) 工学実証・設計を行うための効率的な運転の実現
- (3) 短期間の開発における工数やリスクの低減
- (4) 各国機器開発の文化等の違いによるミスマッチの回避

これらの要求を実現するため、MPS の開発方針を以下の通りとした。

- ✓ ビーム停止所要時間を 10 $\mu$ S 以下とする
- ✓ 効率的な運転再開シーケンスを実装する
- ✓ 実績のある機器をベースにし、確実に堅牢なシステムを構築する
- ✓ 機器・開発環境を統一する

### 3. MPS のシステム構成

開発方針を基に MPS の設計を進めた。システム構成を図 1 に示す。本 MPS のシステム構成要素は、PLC 及び IOC からなる“遠隔監視操作部”、インタロック信号の高速転送を担う“基幹部”、高速瞬時停止と効率的起動シーケンスを実施する“インターフェース (I/F) 部”から成る。これらの機能、設計採択、採択背景を表 1 にまとめる。また、それぞれの詳細を以下に示す。

#### 3.1 遠隔監視操作部

各国共通の使用機材は出来るだけ統一することが肝要である。それにより各国開発機器の状態を容易に俯瞰、統制できる。また機器統一する事で六ヶ所への機器据付け運転後のメンテナンス性を高めることもできる為、プログラマブルロジックコントローラ (PLC) は、欧州圏デファクトスタンダードである、SIEMENS 社製 SIMATIC S7-300 を採用した。SIEMENS 社製 PLC は欧州では標準的だが、日本における一般的工業用途 PLC としては稀である。加速器業界においても同様で、把握し得る範囲で加速器制御への採用は日本初である。また MPS ユニットの取扱信号の EPICS へのインテグレートについては、上記 PLC を採用することにより、IOC の新規開発が必要である。

<sup>#</sup> narita.takahiro@jaea.go.jp

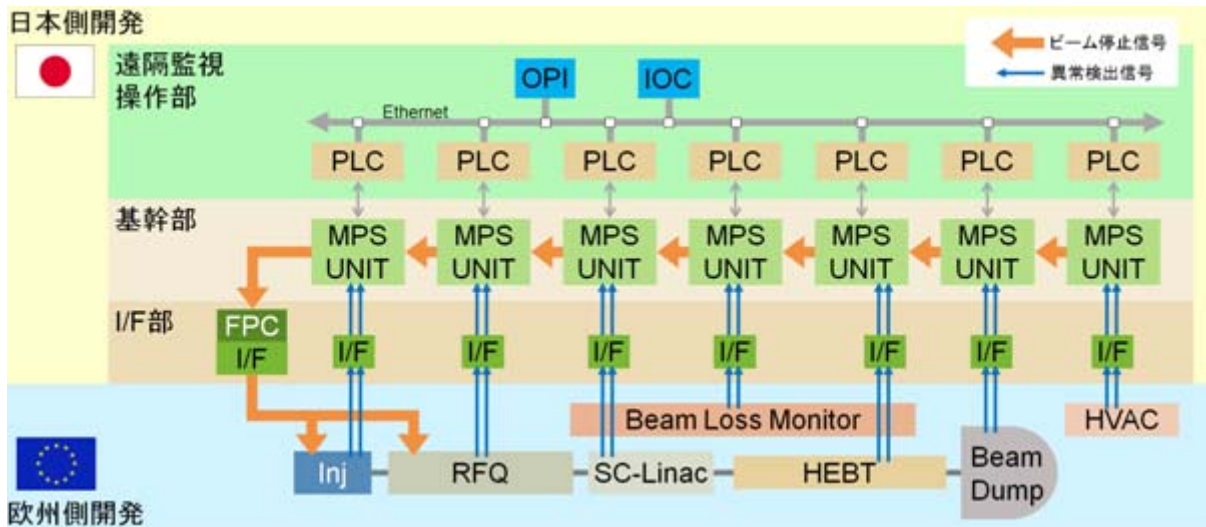


図1：MPSのシステム構成

### 3.2 基幹部

基幹部は、インタロック信号を高速転送するというMPSの最重要かつクリティカルな機能を有する。従って、開発工数とリスク低減の為、J-PARCで運用実績のあるインタロックユニットを採用する。

### 3.3 I/F部

基幹部へ実績のある既存品を採用したことにより、欧州側各国の機器設計如何によっては、I/Fミスマッチングが懸念される。この不整合を吸収する為に、信号変換用I/Fボードを起工し対応する。

加速器各部から検出・転送されたインタロック信号を最終的に受信し、高速にビーム停止させ、また効率良く運転再開させる為のIFMIF/EVEDAプロトタイプ加速器専用のファストプロシージャサーキット(FPC)が必要であるが、これについてはFPGA等を利用し、新規開発する。

## 4. 開発状況

2010年秋には欧州側開発の入射器との接続試験が予定されており、現在まではその試験を第一のマイルストーンとして開発を行ってきた。

### 4.1 テストベンチ構築

入射器との接続試験におけるMPS機能確認項目は、入射器からのインタロック信号を遠隔監視可能である事、またそのインタロック信号を起点にビーム停止信号を生成する事の主に2点である。ビーム停止信号の生成には、最終的にFPCを含めた信号生成が必要だが、FPC設計の前提となる本加速器固有のビーム停止起動に伴うシーケンス仕様が未決定である事、また各LCSとのI/F接続が明確でない為、FPC設計は一時棚上げせざるを得ない状況で

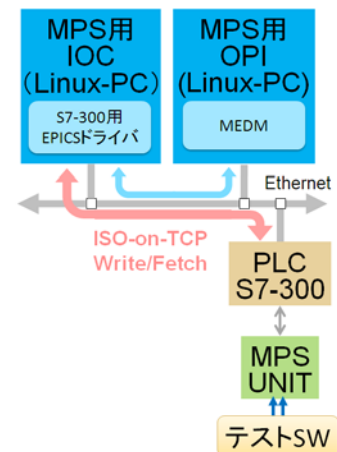


図2：遠隔監視操作テストベンチ構成

表1：MPSのシステム構成検討

システム構成要素		機能	システム設計の採択	採択背景
遠隔監視操作部	PLC	EPICS-MPS間仲介	[新規採用] SIMATIC S7-300	日欧共同プロジェクトの為、機器統一
	IOC	EPICSシステムへのインテグレート	[新規開発] S7-300用EPICSドライバ	SIMATIC S7-300は日本の加速器で初採用
基幹部	MPS UNIT	インタロック信号の高速転送	[既存品採用] インタロックユニット	J-PARCでの稼働実績を評価
I/F部	FPC	停止起動シーケンスを高速安定実施	[新規開発] FPGA	固有シーケンスを高速・プログラマブルに
	I/F	日欧開発圏域差でのI/F凹凸吸収	[新規開発] 信号変換I/Fボード	柔軟なシステム構築

ある。従って、まずはテストベンチを構築して、遠隔監視と遠隔操作の動作確認を行った。テストベンチの構成を図2に示す。

テストベンチは遠隔監視操作に的を絞り、図1で示すビーム停止信号と異常検出信号をテストSWで代用し、その他PLC、Linux-PC、MPS UNITと簡潔なハードウェア構成とした。

IOCとして新規開発のSIMATIC S7-300用EPICSドライバをLinuxマシンで稼働させ、PLC-IOC間をISO-on-TCP Write/Fetchで通信を行う[3]。開発したEPICSドライバとの通信を行うOPIをMEDMで作成(図3)し、遠隔監視としてインタロック信号監視を、また遠隔操作として警報解除を行う機能を持たせ、接続試験を行った。図4にインタロックを発報している状態を示す。図4のMPS UNITのモニタリング出力は、SIMATIC S7-300で取り込まれる。MPS UNITのSLOT1で発報したインタロック信号がSLOT1→SLOT0と転送され、警報発報箇所が赤色点灯している。図3のOPI稼働状態とリンクしており、遠隔監視が可能であることが分かる。また、インタロック発報後のMPS UNITのリセットに関しては、同様にMEDMによるOPIから遠隔操作が可能である。以上から、テストベンチでの遠隔監視と

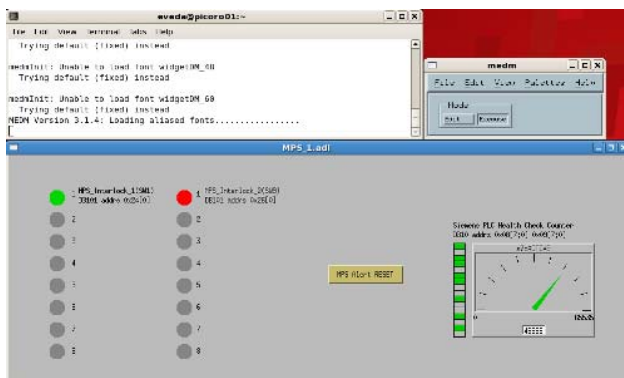


図3：遠隔監視操作テストベンチ OPI 稼働



図4：遠隔監視操作テストベンチ

遠隔操作が問題無く実施できることが確認できた。

#### 4.2 I/F ミスマッチングの例

我々の開発は日欧共同開発プロジェクトである為、接続 I/F について、各国のローカルルール適用による若干の相違や認識のずれ等があるだろうと予想し、それを最小にするべく活動しているが、我々単独で構築したテストベンチにも、若干その傾向が見られたので一つの事例として紹介する。

PLC と MPS UNIT 間の接続は、図5の様な回路結線となっている。この回路結線は、MPS UNIT のオープンコレクタ出力と、PLC のプラスコモンデジタル入力 (DI) モジュールを接続するだけである。

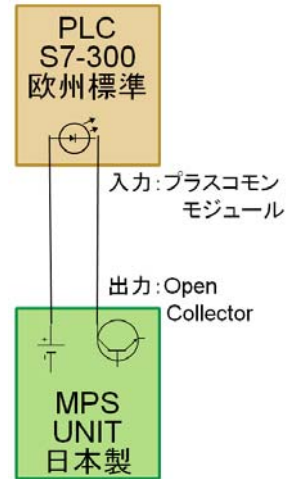


図5：実際の接続例

だがオープンコレクタの出力に対応できる PLC のプラスコモン DI モジュールは、唯一 16 点入力モジュール 1 つである。

欧州圏デファクトスタンダードである SIMATIC S7-300 は、標準品がマイナスコモンモジュールであり、プラスコモンモジュールは非標準である。この為、プラスコモンモジュールのラインナップは非常に希薄となっている。尚、日本圏と欧州圏では、PLC モジュールの呼称も異なる。PLC の入出力モジュールの呼称として“ソースタイプ” “シンクタイプ”があるが、日本でシンクタイプと呼ばれるデジタル入力モジュールは、欧州圏デファクトスタンダードの SIEMENS 社ではソースタイプと呼称され、正反対の入力回路を意味する。[4]

ここでは PLC に関する日欧の仕様相違による I/F ミスマッチングを示したが、これは我々が日本圏で培った設計思想や常識(日本国内 PLC 仕様等)を、そのまま適用した場合、思わぬところで躓く事を示している。そして、このような I/F ミスマッチングは今後多数発生すると見込んでいる。

従って、欧州にて各機器との接続試験が予定されているが、この試験を日欧で実施することにより、相互理解を深め、仕様統合を進め、このような問題を解消することが重要となる。

#### 5. まとめ

MPS の開発状況として、遠隔監視操作部の基礎開発が完了した。2010 年秋の入射器との接続試験にて、欧州側との I/F がより明確になると考えられる。更に、ビーム遮断方式や停止手順について、双

方で検討が開始される見通しである。これらを反映し、I/Fの再設計及びFPCの設計を行う。

## 参考文献

- [1] S. Maebara "DESIGN OF AN RF INPUT COUPLER FOR THE IFMIF/EVEDA RFQ LINAC" Proceedings of IPAC'10, Kyoto, Japan
- [2] H.Takahashi, et al., "OVERVIEW OF THE CONTROL SYSTEM FOR THE IFMIF/EVEDA ACCELERATOR" Proceedings of Particle Accelerator Society Meeting 2009, JAEA, Tokai, Naka-gun, Ibaraki, Japan
- [3] H.Takahashi, et al., "PRESENT STATUS OF MPS AND TS FOR IFMIF/EVEDA ACCELERATOR" Proceedings of IPAC'10, Kyoto, Japan
- [4] シーメンス株式会社 “STEP7 V5.2 トレーニングマニュアル ハードウェア&プログラム編”