

# CONTROL SYSTEM FOR THE RIKEN RI-BEAM FACTORY

Misaki Komiyama<sup>1,A)</sup>, Masaki Fujimaki<sup>A)</sup>, Masayuki Kase<sup>A)</sup>, Akito Uchiyama<sup>B)</sup>, Jun-ichi Odagiri<sup>C)</sup>

<sup>A)</sup> RIKEN (The Institute of Physical and Chemical Research)

2-1 Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351-0198

<sup>B)</sup> SHI Accelerator Service, Ltd.

5-9-11 Kitashinagawa, Shinagawa-ku, Tokyo, 141-8686

<sup>C)</sup> KEK (High Energy Accelerator Research Organization)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

## Abstract

The control system of the RIKEN RI-Beam Factory (RIBF) is based on the control system of the RIKEN Accelerator Research Facility (RARF) which is constructed using EPICS. We have started beam commissioning of RIBF in this July. Some latest improvements of the system and newly introduced applications will be mentioned in this paper.

## 理研RIビームファクトリー制御系の現状

### 1. はじめに

理研RIビームファクトリー (RIBF) は現理研加速器研究施設 (RARF) のメインサイクロトロンである理研リングサイクロトロンを入射器として新たに超伝導サイクロトロンを含む3台のサイクロトロンにより構成される施設で、今年の7月からコミッションを開始した。RARFと一体となって運転される施設である為、制御系もExperimental Physics and Industrial Control System (EPICS)<sup>2</sup> をベースとして現在順調に運転中であるRARF制御系を拡張して構築している<sup>1)</sup>。RARF及びRIBFの主な装置とその

コントローラをまとめたテーブルを表1に示す。RARFでは、リニアック、2台のサイクロトロン及びビームラインを構成する数百台に上る電磁石電源、ビームプロファイルモニターやファラデーカップ、ラディアルプローブなどのビーム診断デバイス、スリットやアッテネータなどの駆動デバイス、ビームラインの真空系などの制御をEPICS制御系で行っており、イオン源及びRF、サイクロトロン本体の真空系、冷却系の制御はそれぞれが独立した制御系を持って運用し、一部をEPICS制御系でモニターしている。

表1 RARF/RIBF制御系の装置とコントローラ

	RARF			RIBF						
	RILAC	AVF/RRC	BT	IRC	BT (in Nishina)	BT (in RIBF)	IRC	SRC	Injection Line for Big-RIPS	Big-RIPS
Ion Source	Hard wire /WE 7000	WE 7000								
RF	PLC (CVMI)	PLC(Melsec) /DIM		PLC (CS1)			PLC (CS1)	PLC (CS1)		
Magnet Power Supply	GP-IB/NIO/DIM	DIM	DIM/NIO	DIM/NIO	NIO/DIM	NIO	NIO	NIO	NIO	NIO
Beam Diagnostics	DIM/N-DIM	DIM	DIM/N-DIM	N-DIM/DIM	N-DIM	N-DIM	N-DIM	N-DIM	N-DIM	PLC(FA-M3)
Driving Controller	DIM	DIM	DIM	PLC (FA-M3) /N-DIM/DIM		N-DIM	PLC (CS1) /N-DIM	PLC (Melsec) /N-DIM		PLC(FA-M3)
Vacuum	N-DIM	PLC (CS1)	DIM/N-DIM	PLC(FA-M3)	N-DIM	N-DIM	PLC (CS1)	PLC (Melsec)	N-DIM	PLC(FA-M3)
Beam Interlock	Hard wire /PLC (Melsec)	DIM	DIM	PLC (Melsec)						
Cooling	Local Control	Local Control	Local Control	Local Control	Local Control	PLC (Melsec)				

: controlled by the existing EPICS system  
 : monitored by the existing EPICS system  
 : will be controlled by the expanded existing EPICS system  
 : will be monitored by the existing EPICS system

\* NIO : Network-I/O (NDS)

<sup>1</sup> E-mail: [misaki@riken.jp](mailto:misaki@riken.jp)

<sup>2</sup> <http://www.aps.anl.gov/epics/>

RIBFもRARFと同じくサイクロトロン施設であり、基本的にはRARFと同様の制御対象物から構成されるわけであるが、メンテナンス性を考慮し、電磁石電源やビーム診断デバイスなどのコントローラは約20年前にRARFで導入して現在使用しているものの数量を単純に増やすことによって制御系を拡張することは行わず、新しい種類のものを導入している。具体的には、電磁石電源はニチゾウ電子制御のNIOボードをインターフェースとして、ビーム診断系及び真空系等は、理研が独自に開発したNetwork Device Interface Module (N-DIM)<sup>[2]</sup>及びPLCをインターフェースとして制御を行う。また、制御系の拡張に当たり、RARF制御系とは異なりビームインターロックシステム(BIS)を加速器制御系から完全に切り離して構築したことがRIBF制御系における特徴のひとつとして挙げられる。これは、RIBFで加速される大電流重イオンビームから加速器などの装置を保護するためのインターロックシステムとして、制御系よりも速いスピードでビームを上流で遮断できる独立したシステムを新たに導入するという考えに基づいている<sup>[3]</sup>。BISに関してはニチゾウ電子制御株式会社と検討を進め、Melsec PLCを用いて各種インターロック信号入力に対して平均5msec.でイオン源出口のビームチョッパーを挿入することによってビームを遮断するシステムを構築している。現在制御系からBISの情報をモニターする予定はないが、運用を進めていく中で必要であれば検討したいと考えている。

本報告では、制御系の拡張にあたり進めてきている更新項目のいくつかを紹介し、現状と目的としているRARF/RIBF制御系全体像を報告する。

## 2. 制御系更新項目

### 2.1 ネットワーク整備

従来制御系は独立した専用ネットワークを使用してきたが、RIBFへの拡張に伴う物理的なネットワークの延長と共に新たに導入される数百に上る被制御対象物を安定して効率よく上位から制御する為に、昨年の夏に富士通株式会社とその整備を行った。更新後はルータ(レイヤ3スイッチ、CiscoのCatalyst 4506を使用)をネットワークの中心に設置し、加速器施設の3棟の各建物に合計8台のエッジスイッチ(CiscoのCatalyst 2950を使用)を設置して、ルータと各エッジスイッチ間を光ケーブルで接続してネットワークを構成している。ネットワーク構成も、従来のフラットなものから、制御効率とメンテナンス性を考慮して、1)VME、2)N-DIM-1、3)N-DIM-2、4)PLC、5)メンテナンス用の5系統のサブネットを新たに設けた。1)のサブネットでは主に電磁石電源の制御を行い、2)、3)及び4)のサブネットではビーム診断系及び真空系の制御を行う。あわせて、1)のサブネットではRARFの制御で大きな割合を占めている、20年来のCAMACシステムの制御も行っている。CAMACシステムは6台のクレートから構成されて電磁石電源やビーム診断系、ビームイン

ターロック系などをトータルに制御しており、従来はクレート間をCAMACの光ループでつないでVMEを通して制御を行ってきた。しかし、光ループを構成するためのCAMACモジュールのメンテナンスが困難な状況となってきた為、構成しているクレートコントローラのうちの幾台かを数年前からネットワークベースのもの(東陽テクニカのCC/NETを採用)に更新して上位計算機からイーサネットを通して直接制御を行っており、今年度中には全数をそれに更新予定である。4)のサブネットでは被制御物の種類によって、オムロンのCVM1/CS1シリーズのPLC及び三菱電機のMelsec PLC、横河電機のFA-M3を使用している。また、Big-RIPSのターゲットを境界に上流側と下流側で制御系を分けて運用する予定であり、必要なインターフェース部分は設けるものの、基本的にはそれぞれが独立したシステムとして存在する。

### 2.2 IOCの整備

EPICS制御システムの中でフロント・エンド計算機の役割を担うInput/output Controller (IOC)の構成に関しても検討を重ねてきている。2001年の現制御系スタート時はリリースされているEPICSのベースバージョンが3.13であり、このバージョンはVME計算機上でVxWorksを用いることが前提であったために、HP-UXサーバ計算機/VxWorksの組み合わせでシステムを構築・運用してきた。しかし、複数のOS上で実行可能となったEPICSベース3.14がリリースされたことに伴い、N-DIM及びPLCといったネットワークデバイス及びGPIB機器制御に関して、Linux OSをマウントしたPCをIOCとして徐々にシステムを移行しつつある。また、CAMACシステムに関してはネットワーククレートコントローラ自体がLinux OSを持っており、制御系の中でそれ自身がIOCとして動作する。しかし、電磁石電源制御はインターフェースにニチゾウ電子制御のNIOボードを使用している関係上IOCはVMEに限定され、その為制御系の中でも独立して専用のサーバ計算機(Linux)を設置し、運用を行っている。RARF/RIBF制御系全体図を図1に示す。加速器施設を大きく1)リニアックエリア(リニアック棟)、2)AVF/RRC/fRCエリア(仁科記念棟)、3)IRC/SRCエリア(RIBF加速器棟)に分け、各エリアの各サブネットに基本的にIOCを1台設置する。現状ではこのIOCにはPCを用いており、それぞれがEPICSベースプログラム及びJ-PARCと共同で運用するネットワーク・ベース用のデバイス/ドライバサポート<sup>[4]</sup>他のプログラムを持って独立して運用されているが、今後のメンテナンス性を考慮し、EPICSベースプログラム等各IOCで共有できるプログラムの設置の検討を進めている。あわせて、IOCとなるマシンにも長期に安定した動作性能を求め、PCではなくディスクレスの小型マシンを採用することを検討中である。

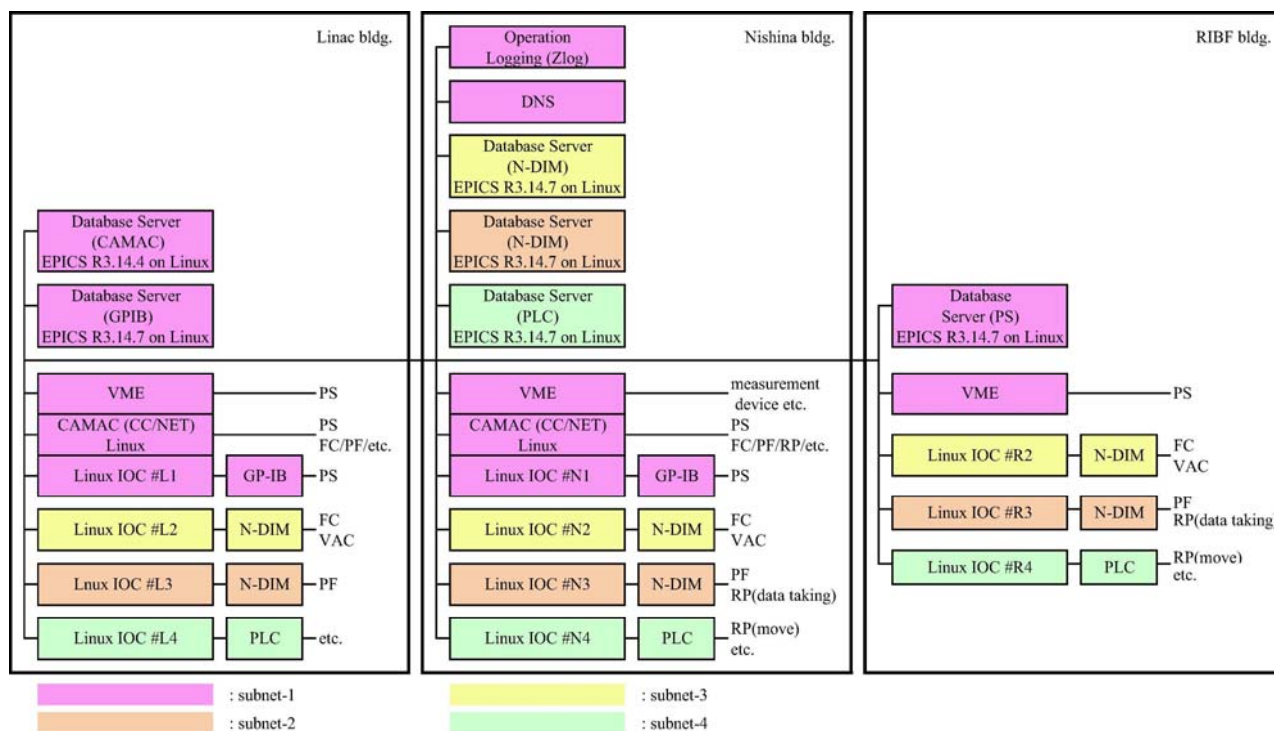


図1 RARF/RIBF制御系構成図

### 2.3 上位プログラムの更新とグラフツールの導入

現制御システムではオペレータインタフェースのGUIのほとんど全ての画面を、EPICS コラボレーションの提供するdm2kというアプリケーションを使用して作成している。しかし、dm2kは提供されているグラフ機能の種類があまり多くない為、複雑なビームプロファイルモニタのデータやサイクロトロンラディアルプローブのデータを表示するために、従来はHP-UXサーバ計算機上でMotifを利用してプログラムを作成し運用してきた。しかし、新しく導入されるサイクロトロンに取り付けられるビーム診断機器は従来の同じものとは制御デバイスが異なることもあり、今回fRCのコミショニングにあたりラディアルプローブのデータ表示グラフプログラムをJavaベースのものに更新した。今後順次運転を始めていくIRC/SRCに取り付けられるラディアルプローブにも容易に拡張可能なプログラムとして作成している。また、それとは別に、データ解析及び表示用に汎用的なグラフツールとしてJavaベースのJFreeChart<sup>3</sup>をEPICSレコードを表示するべくKEKとの共同研究において導入した。これにより、特殊なものでない限りは、アクティブに取得しているデータをdm2kよりも幅広い種類のグラフで容易に表示できるようになった。

### 謝辞

JFreeChart及び電子運転ログシステム (Zlog) の導入をはじめ、現制御系にさまざまな更新を盛り込みながら拡張するに当たり、山本昇氏、小田切淳一氏、上窪田紀彦氏、吉井兼治氏、中村卓也氏をはじめ、KEKコントロールグループの方々には多大なるご協力をいただきました。この場を借りて心より感謝申し上げます。

### 参考文献

- [1] [2] M.Komiyama, et al., "Control System for the RIKEN Accelerator Research Facility and RI-Beam Factory", Proceedings of the 17<sup>th</sup> International conference on cyclotrons and Their Applications, Tokyo, Oct. 18-22, 2004
- [3] M.Komiyama, et al., "Beam Interlock System at RIKEN RI Beam Factory", Proceedings of the 2nd annual meeting of particle accelerator society of Japan and the 30<sup>th</sup> linear accelerator meeting in Japan, Tosu, Jul. 20-22, 2005, p.615
- [4] J.Odagiri, et al., in this Proceedings.

<sup>3</sup> <http://www.jfree.org/jfreechart/>