

## EPICS を用いた理研加速器研究施設制御系の現状

込山美咲<sup>A)</sup>、横山一郎<sup>A)</sup>、藤巻正樹<sup>A)</sup>、小田切淳一<sup>B)</sup>、長瀬誠<sup>A)</sup>、  
田辺敏也<sup>A)</sup>、加瀬昌之<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 理化学研究所 〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1

<sup>B)</sup> 高エネルギー加速器研究機構 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

### 概要

EPICS<sup>1</sup> を用いた理研加速器研究施設の制御系は 2002 年夏に完成し、現在まで順調に運転を続けてきている。今年の夏の新しい制御デバイス (N-DIM) の導入にあわせ、アップグレードバージョンの EPICS を載せた計算機を従来の EPICS 制御システムに新規に導入してシステムの拡張を行った。その運転状況とあわせて制御系の現状を報告する。

## 1 HP-UX サーバー計算機のシステム

### 1.1 2003 年度夏までのシステム

理研リングサイクロトロンとその前段加速器としての役割も果たす AVF サイクロトロンとリニアック、及びそれらのビームラインとユーザーシステムを含む理研加速器研究施設は、EPICS Base R3.13.1 をベースとした制御シ

ステムを用いて 2003 年度前期まで順調に運転を進めてきている。後述のこの夏に拡張した部分を含めた現状での制御システム構成図を図 1 に示す。1999 年にスタートした開発段階より HP-UX10.20 を搭載した計算機をシステムのサーバー計算機としてきたが、2001 年秋にそれにかえて HP-UX11.0 を搭載したサーバー用の安定した計算機を導入し、システムの安定化を図っている。HP-UX サーバー計算機システムで制御を行っているデバイスの一覧を表 1 に示す。EPICS においてサーバー計算機はマンマシンインターフェース部分及び加速器の運転データ管理を担当している。サーバー計算機の下位には I/O コントロールの計算機としてリニアック及びそのビームラインの制御用に 2 台、リングサイクロトロン及び AVF サイクロトロンとユーザーシステムを含むそれらのビームラインの制御用に 3 台の VME コンピューターを設置して、各制御対象機器の制御を行っている。VME コンピューターより下位のデバイスインターフェースの詳細に関しては参考文献[1]を参照されたい。

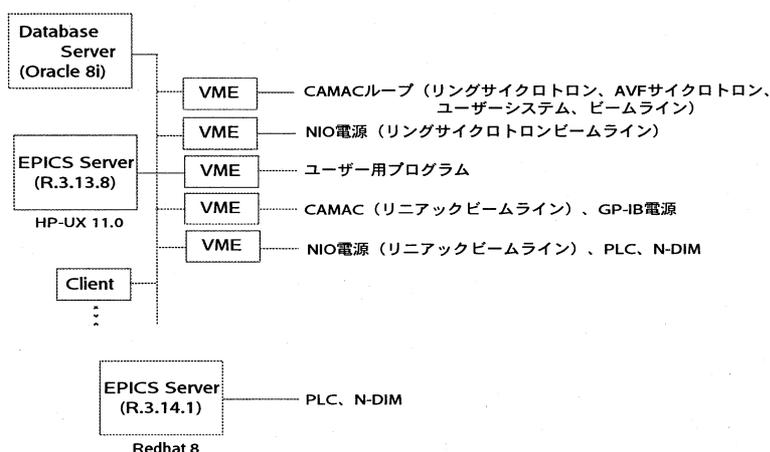


図 1: 理研加速器研究施設制御系構成図

### 1.2 EPICS Base R3.13.8 へのアップグレード

HP-UX サーバー計算機システムにおけるプログラム開発がひととおり終了し、安定に加速器を制御できている状況を踏まえて、今年の夏にサーバー計算機上の EPICS ベースプログラムを R3.13.1 から R3.13.8 にアップグレードする作業を行った。これに伴いアプリケーションプロ

グラムの一部も新しいバージョンのものに更新している。実際の運転において R3.13.8 は EPICS ベース 3.13 シリーズにおいてかなりバグがフィックスされたバージョンであるため、今後のより安定した加速器の運転の為に夏の加速器停止期間中に作業を行ったものである。

この新しい EPICS バージョンで 9 月より運転を再開し

ているが、極めて安定して順調にシステムは動作している。

表 1: VME とその制御対象

VME 名称	CPU メモリ (MB)	レコード数	制御対象
vxTarget1	128	> 30000	電磁石/高周波電源 (CAMAC-CIM/DIM, 700 台)
			ビーム診断機器 (CAMAC-CIM/DIM, 100 台)
vxTarget2	128	6950	電磁石電源 (CAMAC-CIM/DIM, 15 台)
			ビーム診断機器 (CAMAC/CIM/DIM, 20 台)
			電磁石/高周波電源 (GP-IB, 60 台)
vxTarget3	64	10	ユーザー機器
vxTarget5	64	2552	電磁石電源 (NIO, 49 台)
vxTarget6	64	350	電磁石電源 (NIO, 7 台)

## 2 今後の EPICS 制御系の検討

### 2.1 RIBF 制御系への拡張

理研では現在、既存の加速器研究施設を更に拡張するものとして、リングサイクロトロンを入射器とした 3 台のサイクロトロンを増設を含む理研 RI ビームファクトリー計画 (RIBF) が進行中である[2]。RIBF の制御系をどのように構築するかを検討する際に、RIBF がサイクロトロンの施設だということを念頭に置いて、一番容易に考えられる解は既存制御システムの拡張であり、その解の実現の可能性を検討してみる。表 1 に示したとおり、既存加速器研究施設の電磁石電源、高周波電源及びビーム診断機器の多くは CAMAC-CIM/DIM システムという CAMAC ループを用いた理研独自のシステムで制御が行われており、システムを拡張する為には単純に CAMAC クレータを増設して CIM/DIM の数も増設すれば良いと考えられる。しかし、時代の移り変わりから CAMAC の光モジュールに使用されている部品及び DIM に使用している部品の将来にわたる保守が難しいという現状に直面しており、CAMAC 及び CIM/DIM の拡張は得策ではない。そこでその状況を打破する為、理研では RIBF 制御系を見据え、2001 年から CAMAC-CIM/DIM に変わるものとしてネットワーク DIM (N-DIM) の開発を進めてきた。

### 2.2 N-DIM の開発

N-DIM のハード的な特徴を表 2 に示す。制御の立場から見た場合の N-DIM の一番の特長はこれがネットワークに直接繋がるモジュールであるということであり、1 台

の N-DIM がひとつの IP アドレスを所有して各機器の制御にあたる事が挙げられる。N-DIM はその機能によってサーバーにもクライアントにも成り得るが、上位サーバー計算機と N-DIM 間の通信は Ethernet を通して行われ、全ての通信をアスキーコードで行う。このモジュールは昨年秋にプロトタイプが納入され、現在試験運用段階であるが、将来的には RIBF のビーム診断系、各種駆動系及び真空系の制御を担当し、また既存加速器研究施設に導入することにより N-DIM による CAMAC-CIM/DIM システムの置き換えが可能となると考えている。

表 2: N-DIM 仕様

CPU	SH4 (HITACHI)
メモリ	6MB (S-RAM), 1MB (EP-ROM)
OS	μITRON 2.0
プロトコル	TCP/IP, UDP/IP
サービス	FTP, Telnet
通信ポート	10/100Base-T, RS-232C
電源	5V/1.5A, 24V/1A (for I/O)
外観	320(W) x 210(D) x 30(H) 以下
制御点数	DI: 32 点 (Isolated)
	DO: 32 点 (Isolated)
	AI: 16 点
	その他の DI: 8 点 (Isolated)

### 2.3 N-DIM 及び各種 PLC 制御ソフトの開発

N-DIM は表 2 に示したとおり内部に CPU を持ち、そこにデバイス制御に必要な制御コマンド及びその処理プログラムを持っている。従って、N-DIM の上位に位置する制御系としては、それらのコマンドを必要に応じて発行し、その結果として N-DIM から上げられるデータを収集して表示及び解析を行えば良い。つまり、先に記したように N-DIM は TCP/IP 及び UDP/IP 通信でアスキーコードを介して制御を行う為、既存の EPICS 制御システム内にこのソケット通信に関する部分を新たに構築すれば良いと考えられる。

一方、EPICS における N-DIM の制御方法の検討を進めていくうちに、現在の EPICS 制御系でカバーできていないデバイスである PLC で制御を行っているシステムについてもあわせて検討を進めるに至った。理由は、N-DIM も PLC もいずれもソケット通信で制御を行うデバイスであることに共通点があるからである。RIBF においてはかなりの数量の PLC がシステムに導入される予定であるが、既存加速器研究施設においても PLC は存在し、現在 EPICS 制御系に入っていない既存の PLC 制御システムとして例えばニアックの高周波制御システムが挙げられる。これは PC から直接オムロンの PLC を制御しており、それ自身で独立したシステムとなっている。PC は同じ制御室内のコントロールデスクの上に置かれている為制御を行う上での利便性の問題点はないが、しかしシステムが独立しているが故にシステムに上がってくるステータス等のデータも PC 内部にしか保存されない。既存加速器研

究施設の制御系の大部分を担う EPICS 制御系としては加速器に関する全てのデータを EPICS の中で保存することを目的としている為、既存の PLC に対する制御は従来どおり PC から行うにしても、これらのシステムからのデータは是非 EPICS に取り込みたいと考えている。

以上の現状をふまえ、昨年夏から EPICS 横断化グループと共同で PLC の制御方法を検討してきた。検討段階のはじめではお互いのニーズが PLC 制御で合致していた為それを対象とした検討を進めてきたが、私達のシステムで N-DIM を開発しているのと同様に高エネルギー加速器研究機構においても同じくネットワークデバイスモジュールの開発を進めている状況をお互いに知り、PLC を含むネットワークデバイス機器制御に共通のドライバソフトウェアの開発を進めるに至った。

このネットワークデバイスの為のドライバソフトウェア (EPICS デバイスサポート) は以下の 2 層構造をコンセプトとして開発している。

- デバイス依存層 (デバイスと送受信するメッセージ部分)
  - デバイス非依存層 (メッセージを送受信する仕組み)
- つまり、デバイスに依存する部分のみを各機種に対応して開発し、各機種で共通になる部分は共有することにより、開発及びその後のソフトウェアのメンテナンスの効率を上げようという思想である。

現在開発最終段階であり、基礎となるプログラムの基本的な動作確認はほぼ終了している。このソフトウェアを用いて制御することができるネットワークデバイスは、現状でも PLC が 3 機種 (横河電機 FA-M3、三菱電機 MELSEC Q シリーズ PLC、オムロン CS1) 及び高エネルギー加速器研究機構で独自に開発された 2 機種のネットワークデバイス、及び N-DIM の 6 機種にのぼっている。

## 2.4 EPICS Base R3.14.1 の導入

上記のソフトウェアの優れた特長のひとつに、EPICS Base R3.13 シリーズ上でも最新の EPICS Base R3.14 シリーズ上でも同じプログラムでデバイスの制御を行うことができるという点が挙げられる。EPICS は R3.13 までは IOC に VME コンピュータ (vxWorks) を必ず必要とするシステムであったが、R3.14 以降は vxWorks を使用しなければ EPICS が使えないという IOC の束縛はなくなり、IOC を載せることができる OS の自由度が広がっている。これにより VxWorks の優れたリアルタイム性をあまり必要としない時間の系で制御を行うようなシステムでは、維持費用の極めて高い vxWorks を EPICS から外すことも可能となった。RIBF を含む理研加速器研究施設のシステムはサイクロトロンシステムである為、このケースにあたる。EPICS Base R3.14 シリーズとここでいっているのは具体的には Linux 上に IOC を持つバージョンを指している。これにより、オペレータインターフェースと IOC をあわせ持つ一台の Linux マシンにネットワークデバイスのデバイスサポートをロードして、Linux マシン一台で直接それからそれぞれのネットワークデバイスの制御を行うことが可能となった。

理研加速器研究施設では、開発したデバイスサポートをまず既存の EPICS 制御システムに組み込んで N-DIM の基本コマンドの制御及び上記 3 種類の PLC 制御が順調

に行えることを確認した。これにより、既存 EPICS 制御系が RIBF 制御系に拡張できることを示すことができた。その上で、別の観点から RIBF 制御系への既存 EPICS 制御系の拡張を見据え、R/D の目的も含めて Linux マシンを用いた N-DIM 及び PLC の制御の検討を始めている。その第一段階として、今年の夏にリニアックに Redhat8 を OS とした Linux マシンを従来の EPICS 制御系に加えて新規に導入し、同じく夏に新しく導入された真空制御盤の制御を N-DIM で始めた。9 台設置した N-DIM 全てに対し 0.1 秒間隔で全ての DI/AI ポートのステータスを読み込むコマンドを発行してデータを取り込んでいるが、現在通信に関する問題は発生していない。また、同じ Linux マシンから FA-M3 を使ったスイッチボックスの制御も始めている。いずれも現状では順調に動作しているので、今後制御対象物の台数や種類を増やして、多くの状況でこの制御系の動作確認を行いたいと考えている。また一方、先に述べた高周波系のオムロン PLC からのデータも EPICS に上げてこられることを確認しているので、今後既存のデータ管理システムを整理して、システムにデータを取り込む予定である。

## 2.5 今後の展望

基本的なコマンドの制御が実現できていることから、RIBF 制御系において N-DIM が制御を担当するデバイスに関しては全て EPICS で制御を行うことが決定している。また、既存加速器施設内においても、CAMAC-CIM/DIM システムから徐々に N-DIM に制御を置き換えていく予定であり、それらに関しては EPICS で制御を行うことが決定している。ここでいう EPICS とは現在 Linux マシンをサーバー計算機とする EPICS Base R3.14.1 を想定しているが、Linux は別にその保守が大変であるという問題点があり、また Linux を搭載する計算機の安定性も十分検討していかなければならない。順調に動作している既存の HP-UX サーバー計算機の利用も十分に考慮しつつ、今後の制御方針を固めていきたい。

また、一方で CORBA システムを利用した RIBF 電源制御システムの検討も平行して進められており [3]、既存加速器研究施設のデータは、拡張される RIBF 制御系のデータとあわせてこちらのデータベースサーバにおいて一括管理する方針と決まったので、CORBA システムと EPICS 制御系とのインターフェース部分の構築に関して今後検討を重ねる必要がある。

## 参考文献

- [1] M. Komiyama, *et al.*, Proceedings of the 13th Symposium of Accelerator Science and Technology, Osaka, Oct. 29-31, 2001.
- [2] H. Okuno, *et al.*, in this Proceedings.
- [3] T. Tanabe, *et al.*, in this Proceedings.

<sup>1</sup> <http://www.aps.anl.gov/epics/>