

# J-PARC MRにおけるEPICS IOCのソフトウェアツールキットの更新 UPGRADE OF SOFTWARE TOOLKITS FOR EPICS INPUT OUTPUT CONTROLLERS IN J-PARC MAIN RING

山田秀衛

Shuei YAMADA\*

High Energy Accelerator Research Organization (KEK) / J-PARC Center

## Abstract

J-PARC Main Ring started operation in 2008. Its control system is developed based on EPICS toolkit running on Linux. Input Output Controllers have been using EPICS 3.14.7 and Scientific Linux 4. Upgrades to the latest versions of EPICS and Scientific Linux are planned since the support for Scientific Linux 4 was ended. This article describes status and prospects of the upgrade.

## 1. はじめに

J-PARC Main Ring (MR) は2008年5月からビーム運転を開始した<sup>[1]</sup>。その後、加速器の性能を着実に向上させながら、T2K ニュートリノ振動実験施設及びハドロン実験施設へのビーム供給運転を続けている。

MRの加速器制御システムは、OSにScientific Linux<sup>[2]</sup> (SL)を、制御システムのフレームワークにEPICS<sup>[3]</sup>を用いて構築されている<sup>[4]</sup>。ビーム運転を開始した当初は、制御対象となる機器のフロントエンド計算機であるEPICS I/O Controller (IOC; 紛らわしいことにIOC上で実行されるEPICSアプリケーションもしくはIOCと呼ばれる)にはVMEシングルボード計算機(VME SBC)を採用していた。

5年間のビーム運転の間に、MR加速器は着実に性能を向上させてきた。それとともにIOCも増強され、そのハードウェアの種類も多様になってきた。

本論文では、まず今後5年間を見据えた新しい環境の構築について述べ、次にIOCの計算機環境が過去5年間にどのように変化したかを振り返り、最後にまとめる。

## 2. OSとEPICSの更新

開発環境と実行環境のOSとEPICSを最新バージョンに揃え、保守性を向上させることで、今後5年間の運用に耐え得る環境の構築を目指すことにした。

ビーム運転を開始してから5年間で、MR加速器はTable 1に示すような多様なIOCを運用するに至った。その結果、開発環境と実行環境で新旧バージョンのOSとEPICSが混在するようになり、保守の際に混乱を来すようになった。

また、運転に用いているIOCのソースコードの中には

- 一見すると使用されているように見えるが、実際には使用されていないものがある、
- 個人の解析プログラムやデータファイルが紛れている、
- EPICSの開発スタイルに則っていないものがある

など、MR制御システムの開発初期の状態が残されている。これらもIOCの保守性を悪化させる要因となっている。

### 2.1 更新の対象となるIOC

MRの運転に用いているIOCの多数を占めるもの、即ちVME SBCのうちVMEバスI/Oを行わないものと、仮想マシン上のIOCのOSとEPICSを現時点で最新のものであるSL6とEPICS 3.14.12.3に更新し、ソースコードを整理することにした。これら以外のIOC、即ちVMEバスI/Oを行うものとF3RP61-2Lについては2.3節で述べる。

SL6は2020年まで、EPICS 3.14.xは今後数年<sup>[10]</sup>の間にわたってメンテナンスされることが予定されている。新旧の環境の比較をTable 2に示す。

### 2.2 更新の手順

新しい環境への以降は以下の手順で、2013年夏からの長期シャットダウン期間<sup>[1]</sup>に行う:

1. IOCのバックアップ  
既存のIOCのソースコードと実行ファイル一式はバックアップしておき、万が一の場合には元の状態に戻せるようにしておく。
2. OSの更新  
多数のIOCの一括管理を容易にするため、MRではIOCをPXEを用いてネットワークブートしている。OSを更新するには、ファイルサーバに置かれたブートイメージを新しいOSのものに差し替えて再起動すればよい。
3. EPICSの更新  
MRではEPICSをNFSサーバ上にインストールし、各IOCが共有することで一括管理を行っている。新バージョンのEPICSは既存のものとは別のディレクトリにインストールする。IOCのソースコードをコンパイルする際に、EPICSがインストールされているディレクトリを指定し、新バージョンのEPICSが用いられるようにする。
4. 再コンパイル  
MR加速器の運転に必要なファイルだけを残し、新

\* shuei@post.kek.jp

Table 1: Various IOCs Used in J-PARC MR as of 2013

Type	Number	Architecture	OS	EPICS	Comment
VME SBC	~ 60	x86	Scientific Linux 4	3.14.7 / 3.14.12.3	w/o VME bus I/O
VME SBC	~ 25	x86	Scientific Linux 4	3.14.7	w/ VME bus I/O
Virtual Machine	~ 25	x86	Scientific Linux 6	3.14.7 / 3.14.12.3	KVM-based
F3RP61-2L	~ 25	PowerPC	BSP1 (based on ELDK 4.1)	3.14.9 / 3.14.12.3	PLC CPU module

しい環境で再コンパイルする。

5. 動作試験

IOC が正しく起動し、期待通りに動作することを確認する。

2.3 OS と EPICS を更新しない IOC

F3RP61-2L と VME バス I/O を行う IOC については、今回は更新の対象としない。

F3RP61-2L を用いた IOC は、CF からブートしている。そのため、OS を移行するには CF を新たに作成し、交換する必要がある。EPICS は NFS サーバ上にインストールされており、2.2 節の 3 以降に述べた手法で更新する。若干の作業が必要ではあるが、OS と EPICS を更新するにあたって技術的な困難はない。今回の更新対象となっている IOC の新しい環境への移行が終わり次第、F3RP61-2L の OS と EPICS をそれぞれ BSP2 と EPICS 3.14.12.3 へ更新する予定である。

VME バス I/O を行う VME SBC の SL6 への移行には課題がある。SL4 と SL6 が採用している Linux カーネルは同じバージョン 2.6 系であるが、デバイスドライバのためのインタフェースが大幅に変更されている。そのため、SL4 で使用していた VME バスブリッジのデバイスドライバを SL6 ではコンパイルできなくなってしまった。今後の調査が望まれる。

3. 過去 5 年間での IOC の進展

MR で用いられている IOC とそれを取り巻く計算機環境が、運転開始から 2013 年現在までの 5 年間にどのように進展してきたかを簡単に述べる。2013 年において MR で運用している主な IOC の種別は Table 1 のとおりである。

3.1 2008 年

運転を開始した当初の MR 加速器の制御システムは SL4 と EPICS 3.14.7 を用いており、IOC のハードウェアには VME SBC を用いていた。VME SBC にはサンリツオートメーション社製の SVA-041、GE Intelligent Platforms 社製の VMIVME-7700RC、VMIVME-7807RC、V7865 など複数のものを採用している。いずれも Intel x86 アーキテクチャであり、VME バス I/O を行わないのであれば、IOC を動かすプラットフォームとしての差は小さい。VME バス I/O を行う IOC には VMIVME-7700RC を使用し、それ以外の IOC は必要となる CPU やメモリ容量に応じた VME SBC を使用していた。VME SBC を用いた IOC の例を Fig. 1 に示す。

3.2 2009 年

OS に Linux、CPU に PowerPC を採用した横河電機社製の PLC CPU モジュールである F3RP61-2L の導入が始まった [5]。これ以前に横河電機社製の PLC を制御する際は、IOC である VME SBC がイーサネットを介して PLC CPU と通信を行っていた。F3RP61-2L の導入により、IOC がバックプレーンを介して FA-M3 シリーズの PLC I/O モジュールと直接通信を行うことが可能となり、高い信頼性と保守性が得られるようになった [6, 7]。

3.3 2010 年

IOC が VME バス I/O を行わないのであれば、必ずしも VME SBC を用いる必要はない。そこで、IOC のためのハードウェアとして仮想マシンを導入した [8]。ホストマシンには Blade 計算機を用い、ゲスト OS に SL6 を採用している。

IOC に仮想マシンを用いることで、計算機資源と IOC の設置スペースを有効に活用できるようになった。また、新たな制御対象機器などのための開発・試験用の IOC を短時間で準備することが可能となった。IOC の可用性を高められることも期待されている。

3.4 2011 年

EPICS 3.14.12 を導入した。このバージョンの EPICS は、3.14.7 に対して多くのバグ修正と機能の追加がされている [9]。

既存の IOC を EPICS 3.14.12 に移行するには、C/C++ で記述された IOC のソースコードを再コンパイルする必要がある。EPICS のヘッダファイルの構成やマクロが変更されているためにソースコードの修正が必要である。また、IOC の起動時に読み込まれる、各機器の信号に対応したチャンネルを記述するテキストファイルの構

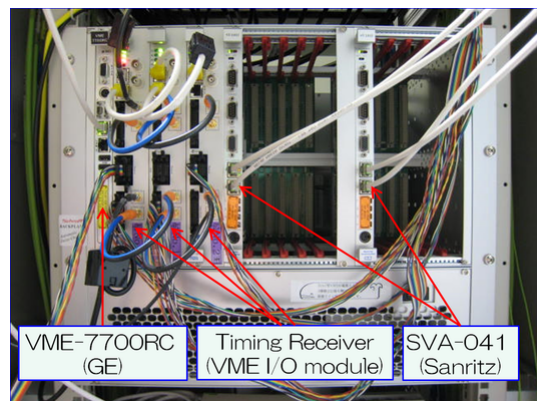


Figure 1: Example of IOC Using VME SBC.

Table 2: Comparison of Old and New Platform for IOC

Platform	Scientific Linux				EPICS		
	Version	Release Date	End of Support	Kernel	Compiler	Version	Release Date
Old	SL4	2005 Apr. 20	2012 Feb. 29	Linux 2.6.9	gcc 3.4.6	3.14.7	2004 Dec. 6
New	SL6	2011 Mar. 3	2020 Nov. 20	Linux 2.6.32	gcc 4.4.6	3.14.12.3	2012 Dec. 17

文解析が厳格になっているため、既存の IOC では実行時にエラーを起こしてしまうものがあつた。これらの理由から、既存の IOC には手を加えないようにし、新規に導入した IOC から EPICS 3.14.12 を採用して試験を行ってきた。

### 3.5 2012 年

SL の配布元による SL4 のサポートが終了した。これに伴って、制御ソフトウェアの開発と上位制御アプリケーションの運用に用いている Blade 計算機の OS を SL6 に更新した。

SL6 でコンパイルしたプログラムは SL4 では実行できない。そこで、SL4 を用いている IOC を保守するために仮想マシン上に SL4 の開発環境を用意した。

SL4 で採用されていた gcc 3.4.6 は、`stdlib.h`、`string.h` などの一部の C 言語の標準ヘッダファイルを暗黙のうちにインクルードする仕様であつた。一方、SL6 で採用されている gcc 4.4.6 では、ソースコードでこれらのヘッダファイルを明示的にインクルードしなければならない。そのため、既存のソースコードに修正が必要である。

## 4. まとめと今後の展望

今後 5 年間の MR の運用に耐え得る加速器制御システムを構築するため、2013 年夏の長期シャットダウン期間中に IOC の OS と EPICS をそれぞれ SL6 と EPICS 3.14.12.3 に更新し、保守性を向上させることにした。2013 年 8 月の時点で、VME バス I/O を行わない VME SBC は約 25 台、仮想マシンは約 20 台の更新が完了している。残数も速やかに完了する見通しである。その後は引き続き F3RP61-2L を用いた IOC の OS と EPICS を更新する予定である。VME バス I/O を行う VME SBC に関しては、VME バスブリッジのデバイスドライバを SL6 でコンパイルできない問題があるため、今後の調査が必要である。

## 参考文献

[1] T. Koseki, *et al.*, “J-PARC MR の運転状況”, 加速器学会誌 2012 年 9 巻 1 号, p30-40 (2012)

[2] <http://www.scientificlinux.org>

[3] EPICS - Experimental Physics and Industrial Control System, <http://www.aps.anl.gov/epics/>

[4] N. Kamikubota, *et al.*, “J-PARC Control toward Future Reliable Operation”, Proceedings of the ICALEPCS 2011, p.378 (2011)

[5] J. Odagiri, *et al.*, “Development of Embedded EPICS on F3RP61-2L”, Proceedings of the 5th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 33rd Lincor Accelerator meeting in Japan, FO27 (2008).

[6] D. Takahashi, *et al.*, “Development of PLC-base thermometer system”, Proceedings of the 7th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, WEPS120 (2010).

[7] K. Sato, *et al.*, “EPICS-based control system using VXI-11 protocol for skew quadrupole magnets in J-PARC MR”, Proceedings of the 10th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, SAP097 (2013).

[8] N. Kamikubota, *et al.*, “Virtual IO Controllers at J-PARC MR using Xen”, Proceedings of the ICALEPCS 2011, Grenoble, France Oct.2011 p.1165  
N. Kamikubota, “J-PARC MR 制御での仮想マシンの応用”, Proceedings of the 10th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, SAP092 (2013).

[9] <http://www.aps.anl.gov/epics/base/R3-14/12-docs/RELEASE.NOTES.html>

[10] A. Johnson, “EPICS 3.14 and 3.15”, Presentation at Spring 2013 EPICS Collaboration Meeting, <http://www.epics2013.org/EPICS2013/Programme.html> (2013)