

Prototype Control System for the J-PARC 60MeV Proton Linac III

N.Kamikubota^{*,A)}, K.Furukawa^{A)}, N.Yamamoto^{A)}, H.Nakagawa^{A)}, G.Shen^{A)}, J.Chiba^{A)}, T.Katoh^{A)},
S.Yoshida^{B)}, M.Takagi^{B)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801, Japan

^{B)} Kanto Information Service Co., Ltd
8-21, Bunkyo, Tsuchiura, Ibaraki, 300-0045, Japan

Abstract

The prototype control system for the J-PARC 60-MeV proton linac was developed based on the EPICS toolkit. It has been used and evaluated in the MEBT/DTL commissioning studies at KEK during 2002-2004. This article summarizes the 3-year activities on the EPICS-based control system.

J-PARC 60MeV 陽子リニアックの制御システム III

1. はじめに

原研東海で建設中の J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) 加速器施設^[1]のうちリニアック上流部分(通称「60MeV」)は KEK で建設され、2002 年から 2004 年にかけて MEBT および DTL1 のビームコミッショニングが行われた^[2,3]。KEK 60MeV 陽子リニアックのプロトタイプ制御システムは、EPICS ベースの制御システム開発の経験を積むと同時にビームコミッショニング活動を支援してきた。これまでもその開発状況について報告してきたが^[4]、本稿では 3 年間で何が開発・試験されたかを総括し、その意義・成果について議論を試みる。

2. プロトタイプ EPICS 制御システム

2.1 概要

J-PARC の制御システムは、EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) をベースに開発する^[5,6]。60MeV 陽子リニアックのプロトタイプ制御システムは、その実践的な試作・開発システムという位置づけである。プロトタイプ制御システムの計算機構成を図 1 に示す。個々の計算機の役割・目的の詳細については去年の報告を参照されたい^[4]。

保守コストや業界動向を見れば、制御計算機は Linux が中心になってゆくと判断している。運転アプリケーションを走らせるコンソールシステム(3.3 節参照)は無論、サーバ機にも Linux の導入が不可避と考える。実際ここ 1 年の変更点は、NFS 等のサーバ機能を jhfacc1(HP-UX)から jkksv01(Linux)に移行したことである。

2.2 EPICS 開発環境の 3.14 移行

プロトタイプ制御システムは、安定版として EPICS 3.13.6 と VxWorks5.4 (Tornado2.0) を選択した。また、IOC¹ (VME-bus 計算機)には実績のある

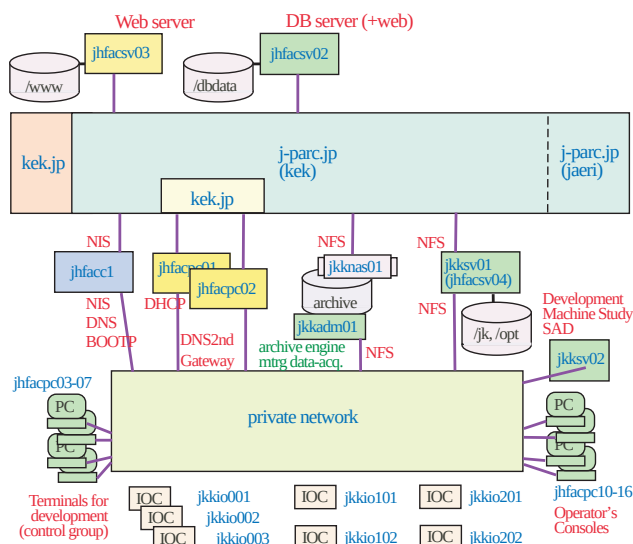


図 1: 計算機構成 (2004 年 10 月)

PowerPC を採用し、2 社の製品 (Force 6750 と Advanet7501) を併用した。3 年にわたるビームコミッショニングを通じ、両方とも非常に安定であった。

2002 年に EPICS 3.14 がリリースされ、J-PARC 制御も本番では 3.14 を採用する^[5]。昨年、プロトタイプ制御システムも EPICS 3.14.6 と VxWorks5.5 (Tornado2.2.1) を導入し、一部の IOC を 3.14 で運転した。また、基本ツール (medm, vdct など) は EPICS 3.14 環境でもこれまで通り使用できるよう調整し、同時に最新ののものに入れ替えた。EPICS 3.14 への完全移行の試みは、コミッショニングの終了 (2004 年 10 月) による時間切れと VxWorks 開発環境の version の混乱²もあって中途半端で終わったが、ともあれ EPICS 3.14 の経験を積むことが出来た。

なお、昨年は、Main Ring 用の BPMC (Beam-

^{*} E-mail: norihiko.kamikubota@kek.jp

¹ Input Output Controller。機器とのインターフェース。

² 当初 Tornado2.2 を用い、多くのネットワーク関連の小障害に悩まされた。Tornado2.2.1 では解決している。

Position Monitor Controller) の EPICS 対応が精力的に行われた。BPMC 用の IOC には VME-bus 計算機が使われるが、OS には VxWorks でなく Linux を採用している^[8]。これまでに、Intel-base の製品 (VMEVMI7805 と 7807) を EPICS 3.14 環境で使用し、16 台の BPMC の制御に成功した^[9]。

2.3 開発した EPICS ドライバの総括

J-PARC 計画の早い時期から、KEK ではネットワークデバイスの利用が検討されていた^[7]。プロトタイプ制御システムでは、ネットワーク口を持つ PLC および EMB-LAN (電源制御用 embedded controller) のための EPICS ドライバ *NetDev* が開発された^[10]。コミッショニングでは DTL-Q 電源 77 台の制御に *NetDev* が使用された^[4]。なお、当初 *NetDev* は PLC(横河 FA-M3) のみサポートしていたが、現在では PLC(三菱 MelsecQ) や PLC(Omron) も利用可能である。

横河のモジュール型 PC ベース測定機 WE7000 を安価な波形モニターと考え、オシロモジュール (WE7111、100MS) の EPICS ドライバが開発された^[11]。60MeV 陽子リニアックのビームモニター (SCT, FCT, BPM) 用の計 30 モジュールが 4 台の WE ステーションに配備された。昨年は 5 Hz での波形データ収集・処理が安定に稼動してコミッショニングに大いに貢献した^[12]。また、さらなる高速化を目指して、横河と協力し WE7111 の firmware 改修を行った。条件がそろえば 25Hz での波形データ収集が可能になった。

2.4 試験した EPICS tool の総括

プロトタイプ制御システムでは、EPICS 基本 tool として、(a) GUI editor *MEDM* (*dm2k*) および *EDM*、(b) Database tool *VDCT*、などが整備された。このうち *EDM* で真空画面を開発してみた。グラフ機能に *MEDM* を凌ぐ点があるものの、具体的な利用方が理解しきれない。*EDM* は SNS の標準 GUI として開発が続いている^[13] ので、引き続き評価を続けたい。

2003 年、EPICS 標準アーカイブツールの *channel archiver* を導入し、60MeV 陽子リニアックの約 400 点の機器信号を 1 Hz で記録した。WEB で、リニアックの機器履歴が見えるようになり^[14]、コミッショニングスタディに貢献した。さらに昨年は、*channel archiver* の major version up (v1.9 から v2.1) を行い、WEB で履歴を見る際の速度改善の改修を行った。また、本番用の 25-50Hz トリガーでの波形データの高速アーカイブが可能か試験を行った^[15]。

3. 60MEV 陽子リニアック機器制御の状況

3.1 概要

60MeV 陽子リニアックの機器制御の全体状況は昨年報告とほとんど変わらない。表 1 にまとめた。最終的に整備できた機器信号はすべてを網羅できたわけではないが、重要な機器はカバーできた。

昨年の活動を報告しておく。DTL-Q 電源向け Java アプリケーション試作がある。Config (設定ファイル) を RDB(Relational database) と連携させて生成させ、実機を動作させることに成功した^[16]。また、2

社が製作している DTL-Q 電源のうち 1 社分 (もともと制御 interface が無い仕様で製作) の、制御インターフェースの追加改造を行った。改造後の動作確認試験を KEK 陽子リニアックで行うことで問題点を容易に発見できた。

表 1: 機器制御の状況 (2004 年 10 月)

機器	Interface x 数	開発 時期	EPICS GUI	備考
イオン 源	PLCx1	1999- 2001	MEDM	
MEBT 電源	GPIBx13 EMBx6	Feb. 2003	MEDM	LabView から移植
DTL-Q 電源	EMBx77	Aug. 2003	MEDM or Java	2 社の電 源に対応
Monitor -SCT -FCT -BPM	WEx2 7111x5	Oct. 2003	Python	Visual Basic から移植
	WEx2 7111x5	Nov. 2003	Python	
	WEx3 7111x20	Feb. 2004	Python	
RF- LLRF	PLCx1 WEx1	Apr. 2004	MEDM	
真空	PLCx3	Jun. 2004	EDM	EDM 試験 を兼ねる

3.2 上位アプリケーション環境

プロトタイプ制御システムでは、KEKB 制御で使用され実績の有る上位アプリケーション開発用 script 言語環境 (Python、SAD) を整備していた。

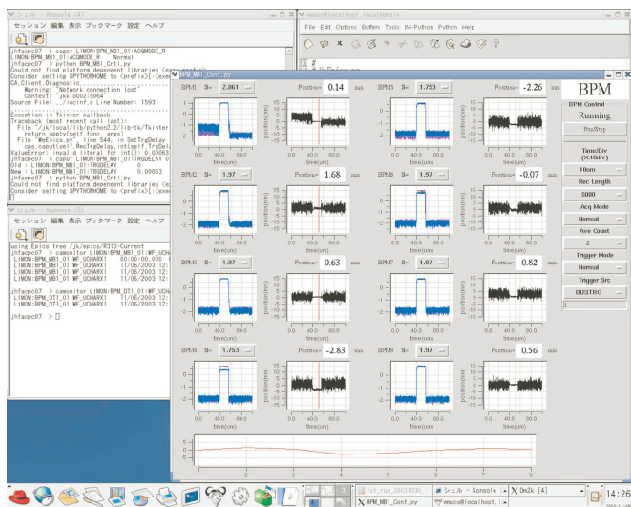


図 2: 典型的な Python 画面 (BPM)

Python は、表 1 にも見えるようにビームモニター画面を開発する言語として利用された。ビームモニターはスタディ要素が多く、MEDM ではどうしても役不足であった。Python で可能または楽になった機

能としては、TAB 機能、時系列グラフ、簡単な条件判断処理、などがある。図 2 に、典型的な Python 画面 (BPM) を示す。

SAD は BPM のビームを用いた較正のスタディで使用された。MEBT の Q 電源とステアリング電源を振りながら下流の BPM を観測し、Q と BPM の位置中心誤差を較正する。SAD スクリプトによる自動化で、1 BPM あたり 15 分での測定が可能であった^[17]。

3.3 コンソールシステムと Java

J-PARC での運転アプリケーションは、X-window ベースと Java ベースの両方が存在する。両立させようとすれば、PC hardware で Linux (場合によって Windows と Cygwin/X) を選択するのが現実的である。プロトタイプ制御システムでの PC ベースコンソールの経験と考察が別途報告されている^[18]。

また、Java を上位アプリケーション開発言語として用いるため、加速器向けの汎用 Java 部品 (A-beans^[19]) を EPICS で使用する可能性について検討した。実際に陽子リニアックの EPICS 信号 (ビームモニター波形など) を表示させ、5Hz 程度の応答性があった^[18]。

4. まとめ

プロトタイプ制御システムでは、多数の開発活動があった。多くはビームコミッショニングと連携することで短期間に非常に質の高い実践的な開発が行われたと自負している。新規開発したハード・ソフト (例えば EMB-LAN、NetDev、WE7111) を試験する場として、十分機能したといえる。

3 年前、制御関係者以外には EPICS はほとんど浸透していなかった。まがりなりにも EPICS ベースのプロトタイプ制御システムが機能し、ビームコミッショニング活動の一環として制御関係者以外が実際に EPICS に触れる機会を与えることができた。EPICS に対する経験が無いゆえの誤解や無理解は、今後次第に解消してゆくと期待したい。

また、プロトタイプ制御システムが過去にあった個別の機器制御システムを統合 (migrate) したことから、複数の機器を連携した制御が実現した。例えば 3.2 節の SAD スクリプトは、Q・ステアリング電源制御と BPM が連携して初めて可能になったのである。以前なら、LabView と Visual Basic の 2 つの画面をそれぞれ手作業で操作しながらデータを取ってゆくしかなかったであろう。

KEK60MeV 陽子リニアックのコミッショニングは終了し、今年度前半はつくばから東海へ加速器機器や制御システムを移動している。後半には東海でリニアックのコミッショニングが再開される予定である。プロトタイプ制御システムの経験が東海でも生きるものと期待している。

参考文献

[1] Y.Yamazaki, "The JAERI-KEK Joint Project (the J-PARC Project) for the High Intensity Proton Accelerator", Proc. PAC 2003, p.576-580

[2] 池上雅紀、他、「KEK における J-PARC リニアック MEBT のビームコミッショニング (I)」、第 28 回リニアック研究会会議録、p.297-299

[3] 近藤恭弘、他、「KEK における J-PARC リニアック DTL1 のビームコミッショニング」、第 1 回日本加速器学会会議録、p.156-158

[4] 上窪田紀彦、他、「J-PARC 60MeV 陽子リニアックの制御システム」、第 28 回リニアック研究会会議録、p.440-442
上窪田紀彦、他、「J-PARC 60MeV 陽子リニアックの制御システム II」、第 1 回日本加速器学会会議録、p.534-536

[5] T.Katoh et.al, "Present Status of the J-PARC Control System", Proc. ICALEPCS 2003, p.1-5;
J.Chiba et.al., Proc.of ICALEPCS 2001, p.77-79

[6] <http://www.aps.anl.gov/epics/>、およびリンク先

[7] K.Furukawa et.al., "Implementation of the EPICS Device Support for Network Based Controllers", Proc. ICALEPCS 2001, p.197-199

[8] G.Shen, et.al., "Development of Linux-based IOC with a VME-bus Computer", Proc. PCaPAC 2005, in press; KEK-Preprint 2005-14

[9] 沈国保 (G.Shen)、他、「J-PARC Main Ring の BPMC のための EPICS デバイスコントローラ」、本研究会

[10] J.Odagiri et.al., "EPICS Devices/Driver Support Modules for Network-base Intelligent Controllers", Proc. ICALEPCS 2003, p.494-496

[11] 高木誠、他、「ネットワークベース波形モニタの EPICS ドライバ開発と評価」、第 28 回リニアック研究会会議録、p.443-445

[12] 高木誠、他、「KEK60MeV 陽子リニアックのビームモニターソフトウェア」、第 1 回日本加速器学会会議録、p.555-557

[13] <http://ics-web1.sns.ornl.gov/edm/>

[14] 吉田奨、他、「KEK60MeV 陽子リニアックの機器信号データ履歴システム」、第 1 回日本加速器学会会議録、p.552-554

[15] 吉田奨、他、「EPICS 標準のデータ履歴システムの高速度データ収集試験」、本研究会

[16] 佐甲博之、他、「J-PARC リニアックにおけるデータベースシステムとコミッショニングへの応用」、本研究会

[17] 佐藤進、他、「J-PARC LINAC 用ビーム位置検出器の較正」、第 1 回日本加速器学会会議録、p.(6C08 追加稿)

[18] N.Kamikubota, et.al., "Study of PC-based Console for the J-PARC Control System", Proc. PCaPAC 2005, in press; KEK-Preprint 2005-12

[19] <http://www.cosylab.com/abeans/>