

J-PARC 60MeV 陽子リニアック制御とネットワークベース波形モニタ

上窪田紀彦^{*A)}、高木誠^{B)}、加藤直彦^{A)}、千葉順成^{A)}、中川秀利^{A)}、山本昇^{A)}、
古川和朗^{A)}、小田切淳一^{A)}、吉田奨^{B)B)}

A) 高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

B) 関東情報サービス株式会社 (KIS) 〒 300-0045 茨城県土浦市文京町 8-21

Abstract

J-PARC 加速器計画の入射器である陽子リニアックの 60MeV までは KEK で組み立てが進められている。60MeV 加速器用の EPICS 制御システムも開発が始まっている。原研東海での本番で使用するシステム環境の研究、また新規デバイスの EPICS ドライバ開発などを行い、60MeV のビームで本番に先行して評価・改良している。本稿では、KEK60MeV での制御の現状を、ネットワークベース波形モニターを中心に報告する。

御システムを積極的にビームコミッショニング活動に役立てるために、要素開発スケジュールをコミッショニングとリンクさせるよう調整している。次回のビームコミッショニング (2003 年秋) 開始までに、60MeV の出来るだけ多くの機器が EPICS で監視・制御出来るよう、整備を進めている。

1 はじめに

J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) 加速器施設は、400MeV リニアック、3GeV RCS (Rapid Cycle Synchrotron)、50GeV MR (Main Ring)、などから成る計画 [1, 2, 3] で、2006 年度の完成をめざして原研 (東海村) での建設が始まった。このうちリニアックの上流部分 (通称「60MeV」) は、計画の早期にリニアックの完成度を高めるために KEK (つくば) で建設され、2002 年度からビームコミッショニングが始まった [4]。

EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) は、分散型のリアルタイム制御システムを開発するソフトウェアツールキットである。1990 年代初めに ANL および LANL で加速器を対象に開発が始まり、現在では KEKB など世界の多くの大型加速器施設で採用されるようになった [5]。J-PARC の制御システムも、EPICS をベースに開発する [6]。これまでに、KEK60MeV 加速器を対象に EPICS 制御システムが開発され、試験を続けている。その目的は、(a) 新規開発した機器 (ハード・ソフト) を本番前に実際の加速器で試験する、(b) EPICS 未経験者が多い J-PARC 関係者に EPICS 体験の機会を作る、(c) 遠隔集中監視・制御を実現してビームコミッショニング活動を支援、などがある。

2 60MEV 陽子リニアックの制御

2.1 概要

KEK60MeV 加速器での EPICS 制御システムは、イオン源とプリチョッパーについては 2002 年末までに開発し、遠隔監視を実現した。これらの開発活動はビームコミッショニングと平行してはいたが、EPICS プロトタイプの試験の範疇を超えなかった。しかし、2003 年 1-2 月の MEBT ビームコミッショニング以降は、EPICS 制

2.2 機器制御の状況

現在 (2003 年 9 月) までに整備されている機器を表 1 にまとめた。表中の Interface の列で、EMB は Ethernet Controller をさす。

Table 1: 整備中の機器 (1)

機器	Interface x 数	整備 時期	EPICS Database	基本 GUI
イオン源	PLCx1	1999- 2002	整備済	2002 年 開発済
プリチョッパ	PLCx1	Aug. 2002	整備済	2002 年 開発済
MEBT 電源	GPIBx13 EMBx6	Feb. 2003	名前変 更予定	Feb.03 開発済
DTL-Q 電源	EMBx76	Jun-Aug 2003	整備済	Aug.03 実機試験
Timing	PLCx1	Apr-Aug 2003	整備済	Jun.03 開発済
Beam Monitor	WEx2 x 3 組	Feb-Aug 2003	暫定版 整備済	Jul.03 試作済
RF	PLCx2	整備中	整備中	整備中

イオン源とプリチョッパーは 2002 年までに整備され、遠隔監視も実現した。

MEBT 電源は、GPIB interface の電源 13 台を LabView (PC, Windows) で制御していた。2002 年 11 月から EPICS への移行作業を始め、2003 年 1 月に完了した。その後 2 月に EMB interface の電源 6 台を MEBT に追加したが、EPICS の GUI ツール (dm2k) に単純に追加するだけで済んでいる¹⁾。図 1 に完成した GUI 画面を示す。

DTL-Q 電源 76 台は EMB で制御する。今夏、KEK 陽子リニアック棟で設置作業 (配管・配線) した。8 月から実機で試験運用に入っている。

* E-mail: norihiko.kamikubota@kek.jp

¹⁾ LabView で EMB 電源を GPIB 電源と同様に扱うことは困難。

Timing は、60MeV では PLC で制御する（東海の実機と異なる）。Database と GUI 共同開発済みで、遠隔監視・操作が実現している。

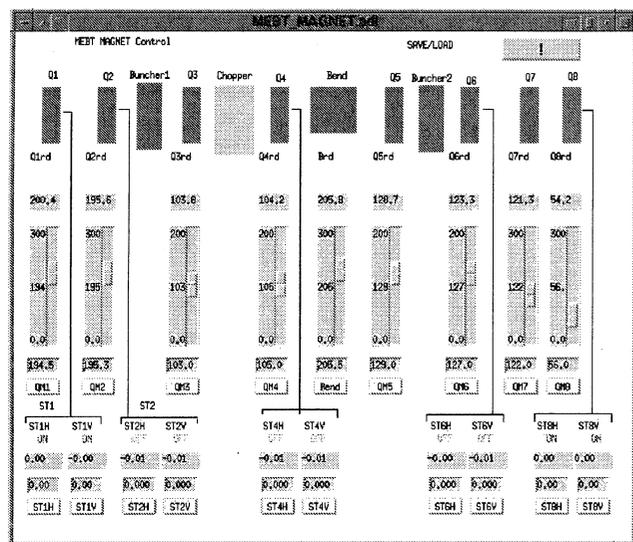


Figure 1: MEBT 電源制御の画面 (2003 年 2 月)

Beam Monitor は、電流 (CT) モニタ、位相モニタ (FCT)、ポジションモニタ (BPM)、の 3 種類それぞれでモニター担当者と折衝しているが、60MeV ではいずれも WE7111 (100MS Oscilloscope、第 3.2 節) を interface に用いる方針である。CT は、2003 年 2 月のビームコミッションングで波形取り込みに成功した (第 3.3 節)。FCT と BPM は 7 月までの作業で監視ソフトを開発し、秋のビームコミッションングでの試験を待っている。

なお RF は、LLRF (Low Level RF) も KlyPS (Klystron 電源) も PLC (60MeV では各 1 台) を使用する。PLC の番地割り当てが議論され、まもなく EPICS Database の構築に着手する。

2.3 制御計算機システム

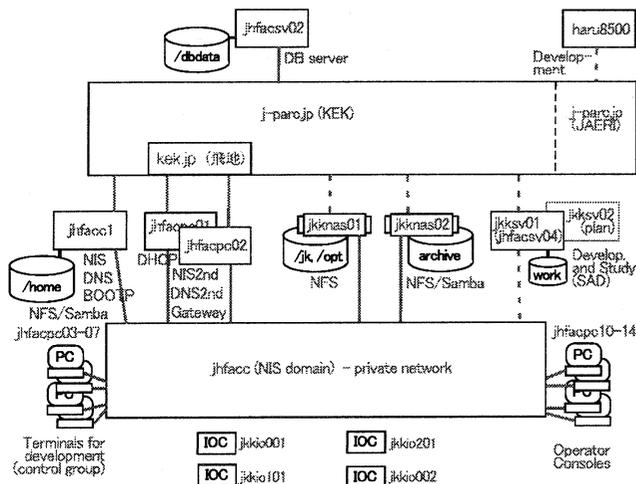


Figure 2: 制御計算機の状況

60MeV の制御計算機システムは、(a) IOC (VME) が運転用 4 台と開発用 6 台、(b) 開発用 HP 計算機 (HP-UX、VxWorks) 1 台、(c) 運転用コンソール PC (主に Linux) 5 台、(d) 開発用 PC (Linux, BSD, Windows) 7 台、から成る。さらにここ半年で、(e) NAS (Network attached storage、240GB) 2 台、(f) データベースサーバ (j/facsv02) 1 台、(g) Linux 開発サーバ (j/kksv01、準備中) 1 台、を追加整備した。これら制御計算機の全体を図 2 に示す。ソフトウェア環境は [8] を参照されたい。

3 ネットワークベース波形モニタ

3.1 概要

J-PARC 制御グループの KEK 側スタッフは、早い時期からネットワークベース機器 Interface に興味を持ち、PLC、EMB、LAN/GPIB、などの EPICS device support を整備してきた [9]。

J-PARC 加速器では、ビームモニタおよび RF システムなどで多数の波形モニタの遠隔観測が必須である。我々は、横河電機 (株) のモジュール型計測器 WE7000 に注目した [10]。WE は豊富な計測モジュールを持ち、光 (専用線)、Ethernet、シリアル の 3 種類の通信方式を選択できる。Ethernet 通信型の WE を低コストなネットワークベース波形取り込み interface と考え、EPICS 制御システムに取り込むための整備を進めている。

3.2 EPICS Device Support for WE7000

平成 13 年度、我々は以下の 3 種類の WE モジュールの EPICS ドライバを開発した ((a)100MS/s オシロスコープ (WE7111)、(b)100kS/s デジタイザ (WE7271)、(c)10MHz 関数ジェネレータ (WE7121))。その後 (平成 14 年度以降)、応用ソフトの開発を進めるにつれ更なる機能追加の必要性が判明し、機能拡張を行ってきた²。

汎用に使える波形表示アプリケーションを EPICS の GUI 開発ツールの標準である dm2k で開発し、100MS/s オシロスコープモジュール (WE7111) の基礎的性能測定を行った。波形データサイズ 5 kB 固定で、dm2k から出た最初の波形要求と波形データ全部が帰ってくるまでの時間をパケットモニタ記録の時刻差を見ることで、波形データ取得時間を測定した。また、WE7111 の枚数を 1 枚から 8 枚まで増やし、複数の波形を同時に観測する場合のデータ取得時間の変化を測定した。結果は、1 波形取得にかかる時間は約 30ms で、同時に取得する波形の数が増えても転送効率は良くならないことが分かった。詳細な測定結果は、[7] を参照されたい。

3.3 Beam Monitor への応用

ビーム電流 (CT) モニタは、EPICS 制御とは独立した PC (MS Windows) と 100MS/s オシロスコープモジュール (WE7111) で観測していた。2003 年 2 月、Visual Basic で作成されていた CT 波形観測ソフトを EPICS (dm2k) に移植する作業を行った。図 3 は、dm2k での開発途中

²例えば、シーケンス同期やステーションパス設定コマンドなどの機能追加を行った。

で3台のCTの実際の波形を表示させたものである³。CTモニタのソフトは開発が終了し、現在は次回ビームコミッショニングを待っている。ダミー信号を使った最近の測定では、6Hz (average mode) ~10Hz (normal mode) でのデータ取得を確認している。

評価が行われ、実用に値するレベルに到達した。ビームコミッショニングを通じて今後も改修が進み、より完成度が上がると考えられる。WE7121 および WE7271 用ドライバのテスト及び現在未サポートのモジュールのドライバ開発が今後の課題になる。

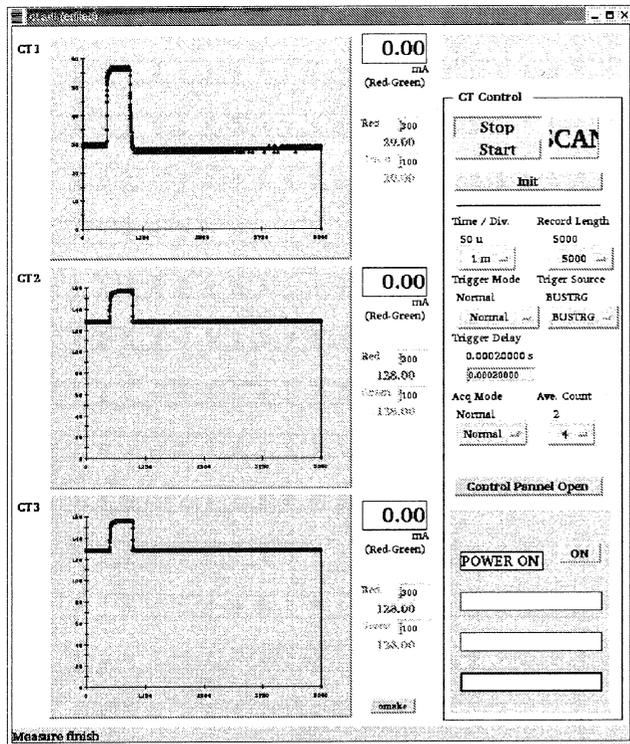


Figure 3: CT 波形観測 (2003年2月)

EPICS版CTモニタの開発により、これまで特定のPCでしか行えなかったCT波形観測が、制御ネットワーク内のどのPC端末からでも行えるようになった。また、測定したビーム電流値をEPICSレコードの値として持つことにより、それを利用した2次のアプリケーションの開発が可能になる。

位相モニタ (FCT) の波形観測用ソフト、およびポジションモニタ (BPM) の波形観測用ソフトは、5月~8月に開発を行った。次回ビームコミッショニング開始時には、CT・位相・BPMの3種類のモニタ監視ソフトを揃えて試験する予定である。

4 まとめ

KEK60MeV加速器を対象にEPICS制御システムが開発され、試験を続けている。現在までにイオン源、プリチョッパー、MEBT電源、DTLQ電源、Timing、などの機器で、整備・開発が終了した。また、Beam Monitorはソフト開発の区切りがついて、ビームコミッショニングの試験待ち状態である。なお、RF関係は現在整備を急いでいる。

Beam Monitorでの使用を想定して開発していたネットワークベース波形モニタ (100MS/sオシロ、WE7111) は、運転用ソフトの開発・試験を通してドライバの試験・

5 REFERENCES

- [1] Y.Yamazaki, "The JAERI-KEK Joint Project (the J-PARC Project) for the High Intensity Proton Accelerator", Proc. PAC 2003, May 12-16.2003, Portland, in press
- [2] Y.Yamazaki, "Accelerator Technical Design Report for J-PARC", KEK-Report 2002-13; JAERI-Tech2003-044
- [3] 長谷川和夫、他、「J-PARC用リニアックの現状」、第28回リニアック研究会、pp.66-68
- [4] S.Wang et al., "Beam Commissioning of the J-PARC Linac Medium-Energy Beam-Transport at KEK (II)", Proc. 28th. Linear Accelerator Meeting in Japan, Jul.-Aug.2003, Tokai, Japan, pp.282-284
加藤隆夫、他、「J-PARC陽子リニアックのRFチョッパーによるビームテスト」、第28回リニアック研究会、pp.273-275
- [5] <http://www.aps.anl.gov/epics/>、およびリンク先
- [6] J.Chiba et al., "A Control System of the Joint-Project Accelerator Complex", Proc.of the ICALEPCS2001, San Jose, CA, Nov.2001, p.77-79
- [7] 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、pp.443-445
- [8] 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、pp.440-442
- [9] K.Furukawa et al., "Implementation of the EPICS Device Support for Network Based Controllers", Proc.of the ICALEPCS2001, San Jose, CA, Nov.2001, p.197-199
- [10] <http://www.yokogawa.co.jp/Measurement/Bu/WE7000/>、およびリンク先

³電流値計算は未完成だったため0.00mAと表示されている。