

RDB system in J-PARC LINAC and its application to commissioning

Hiroyuki Sako^{1,A)}, Hironao Sakaki^{A)}, Hiroki Takahashi^{A)}, Hiroshi Yoshikawa^{A)}, Yuichi Itoh^{A)}, Yuko Kato^{A)},
Norihiko Kamikubota^{B)}, Makoto Sugimoto^{C)}, Kazuhiko Watanabe^{D)}, Hiroshi Ikeda^{E)}, Yasushi Terashima^{F)}

^{A)} Japan Atomic Energy Research Institute, 2-4 Shirakata-Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1195

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801

^{C)} Mitsubishi Electric Control Software Co., Ltd, 1-1-2 Wadamisaki-chou, Hyougo-ku, Kobe-shi, Hyougo, 652-8555

^{D)} Total Support System Corporation, 3-10-11 Funaishikawaeki-Nishi, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1116

^{E)} Visible Information Center, Inc., 440 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1112

^{F)} AKT Service Co., Ltd., 2-10-15, Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo 112-0003

Abstract

We report current status of the machine database which records static information of devices and control system, and the operation log database which records history of operation parameters in commissioning and operation of J-PARC LINAC. We first describe overall design of control flow among high-level applications, simulators, and database. Then, we show results of a control test of the power supply for LINAC DTQ. We report also results of a prototype test of the operation log database in a J-PARC MEBT1 test bench at KEK. In the end, we show a scheme to generate simulation configuration files from RDB.

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

1. RDBシステムの全体構成

J-PARCはMW級の大強度陽子シンクロトロンであり、運転に際してはビームロスの抑制に細心の注意を払う必要がある。J-PARCは質量の重い陽子を加速するため、加速器が巨大となり膨大な数の制御信号から構成されるが、ビームの精密制御のためには、関連する全機器の統括的制御を行うことが不可欠である。これを実現するためにRDB（リレーショナル・データベース）を導入し、様々な制御パラメータの保存、統括制御系からの記録と監視を目指している。本研究ではJ-PARC LINACのRDBシステムの開発状況を報告する。なお、RDB管理システム（RDBMS）としては、無償であり、かつ将来的に商用ベースのものと匹敵する機能を持つことが期待されるPostgreSQLを採用している。

最初にRDBシステムと制御アプリケーションの関係を表す全体構成図を図1に示す。

機器DB（DB1）は制御系の基礎データを保存するDBである。以下のように制御機器とコミッショニングに関連するデータを保存し、制御系の構築に利用する。1）EPICSの設定ファイルを定義するのに必要なパラメータを保存し、我々が開発したJavaベースのツールによって、各レコード定義ファイル、補助的なマクロ定義ファイル等を自動生成する。2）磁石の電流と磁場値間の変換等、デバイス値と物理値間の変換のための係数を保存し、EPICSレ

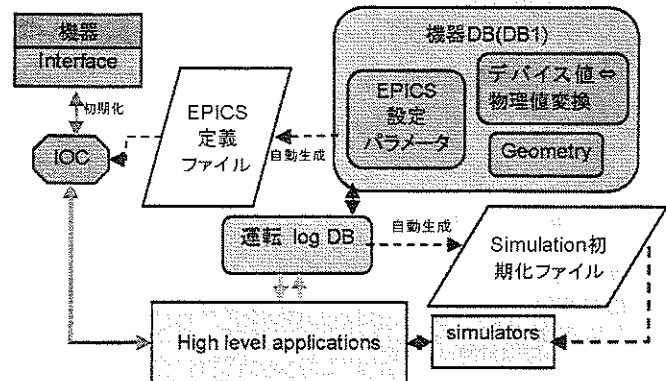


図1 : RDBシステム概観

コードや上位アプリケーションにおいてこの係数を利用して変換を行う。3）各機器の幾何情報を保存し、simulation初期化ファイルの生成に利用する。

運転ログDBは、コミッショニング時や運転時の各機器の設定値（磁場設定等）のスナップショットを記録するものである。各時間での設定値のセットを履歴として記録し、任意の時間、条件での過去データを再現する機能を持つ。デバイス値と物理値の変換を行っておくことで、simulation入力用のパラメータを兼ねることができる。

将来的にはモニタ等のデータを高速収集するためのデータ収集DB（DB2）の導入も視野にいてい

¹ E-mail: sako@linac.tokai.jaeri.go.jp

る⁽¹⁾。

このシステムを用いた制御の流れは以下のようになる。High level application (上位アプリケーション) は各機器の基本運転パラメータを運転ログDBから取得する。パラメータの微調整後、それらは再び運転ログDBに記録され、各機器にEPICS経由で設定される。設定されたパラメータセットは機器DBにある幾何情報と合わせて、simulation用の初期化ファイルとして生成される。Channel accessが可能なsimulatorに対してはEPICS通信によってもパラメータの変更は可能である。パラメータ設定後、モニタによるビーム測定結果とsimulationより得られたビーム計算結果をhigh level applicationの中で比較し、両者の違いが最小となるように制御パラメータと制御ロジックを修正する。これらの過程は繰り返し行われる。

ここでは、上記の制御フローの中の特に機器DBの開発状況とEPICS定義ファイル生成の試験、運転ログDBのプロトタイプ試験について報告し、最後にsimulation初期化ファイルの生成について述べる。

2. 機器DBの開発状況

機器DBを当初から完璧に構築することは難しいと考えられたために、最初のターゲットとして磁石制御系が問題なく生成されることを目標とした。このDBは、機器表、interface表、IOC表、EPICSレコード定義のための信号表等からなる。機器表は、機器役割表と機器個体表の双対構造となっている。機器役割表はシンボリックな機器の役割を示す表であり、他の機器との接続や、ビームライン上の配置、設置状況等を規定する。機器個体表は、実際のハードウェアとしての性質を規定する。機器の交換の際は、機器役割表と機器個体表間のリンクの張替えによって比較的簡単にデータの更新を行うことができる。機器DBへ入力するデータ収集のためにExcelファイルベースのテンプレートを利用する。このためまずはDTQ用のテンプレートを開発し、これが磁石制御用のベースとなるようにした。これはcontrolテンプレート、hardwareテンプレート、simulationテンプレートに分類され、それぞれ制御担当者、磁石担当者、シミュレーション担当者が入力を行うものである。

2.1 DTQ電源の制御試験

DTQ電源は、EMBLANと呼ばれるJ-PARCで開発されたEthernetインターフェースを持つ電源である。我々はEPICSドライバサポート・デバイスサポート(以下「ドライバ」とよぶ)を新たに開発し、EPICSレコード定義を簡略化した。このレコード定義は先に開発されたPLC、VMEベースのレコードに準拠する。この簡略化はEPICSレコード定義パラメータをRDBで管理し、定義ファイルを自動生成することを可能にした。2005年4月と6月に原研でこの新ドライバと機器DBから自動生成したレコード定義ファイルによる制御試験を行った。図2に試験セットアップを示す。DTQ電源には実際のDTQの代

わりにダミーロードを接続した。IOCとしてはLINUXを用いた。なおこのドライバではマシンモデルが実装され、状態遷移の抽象化・規格化を実現している。各状態遷移、インターロックの検出、電流設定等基本的な動作を確認した。

また1章の2)で述べた電流・磁場値変換をEPICSレコードレベルで行う試験も行った。コミッションングでは磁場値を用いて磁石の設定を行うことが予定されている。電流(I)からG(磁場勾配)やGLへの変換とそれらの逆変換はパラメータ数を拡張したsubroutineレコードを用いてC関数で定義した。C関数では、電流を3つの領域に分け、G、GLそれぞれを3次以下のIの多項式で表す。逆変換は解析的に解ける。電流設定はI、G、GLの3つの設定モードを切り替えることで排他的に設定する。一方、I、G、GL値のモニタは同時に行う。この試験も成功した。

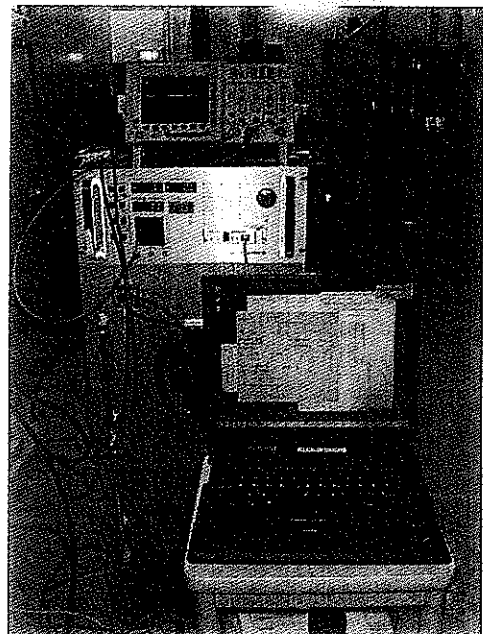


図2 : DTQ電源試験セットアップ

3. MEBT1での運転ログDBの試験

LINACのコミッションングでは、様々なコンポーネントからなる複雑なLatticeパラメータの設定を運転条件に応じて変更するため、シミュレーションの入力パラメータの履歴管理が必要である。このために運転ログDBを活用する試みが2005年2月に行われた。

試験では、MEBT1のQ磁石8台を用いて以下の過程が行われた。運転ログDBより基本設定パラメータ(磁場勾配)を上位アプリケーションに読み込む。次に設定パラメータの一部を変更し、運転ログDBに新しいタグ名で記録する。さらにこの設定でのTrace3D simulatorの入力ファイルを生成し、Trace3D

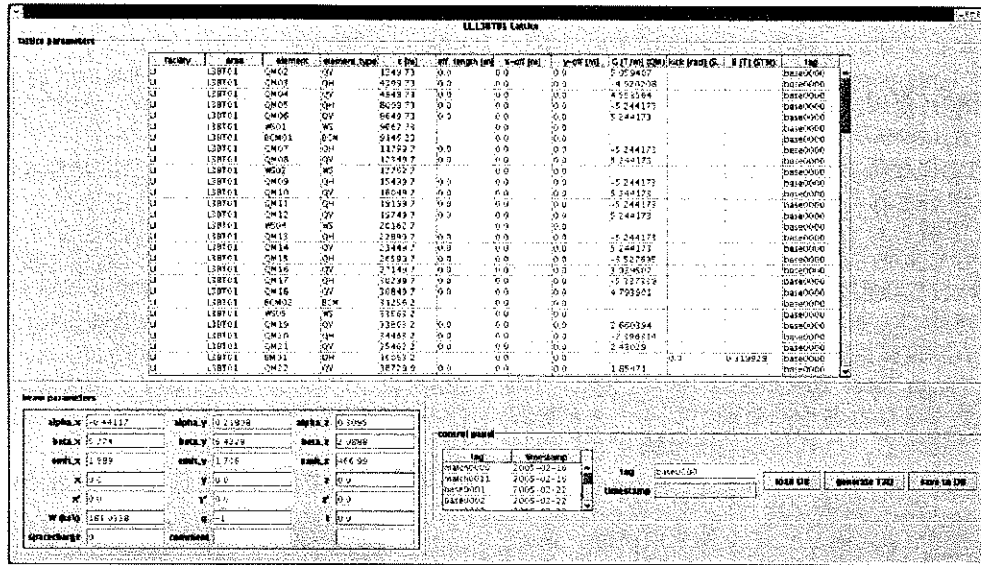


図3: 運転ログDBアクセスツール

により磁石設定を修正しながらマッチングを行う。Trace3Dの計算結果を上位アプリケーションに取り込み再び運転ログDBに記録する。最後にこの設定でQ磁石を励磁する。これらは、開発中のJavaベースのSAD scriptインタプリタ(JAD)^[2]を用いてSADスクリプトによって行われた。また、JavaベースのGUIインターフェースによっても、同様の操作を実現した(図3)。

4. シミュレーション初期化ファイル生成

J-PARCでは様々なsimulationコードを用いてenvelope計算、multi-particleの軌道計算等様々なレベルのビームシミュレーションを行う予定である。しかし、これらの入力ファイルを手で作成するのは煩雑な作業であり、作成後の維持管理は困難である。また異なるsimulation間のパラメータの整合性を調べることは初期化ファイルの書式やパラメータの定義や単位が異なるため非常に厄介である。さらにこれらのsimulationパラメータと実機の設定パラメータを直接比較することも同様の理由で容易でない。これ

らの問題を解決するため、機器DB上の幾何情報と運転ログDB上の機器設定パラメータをマスターデータとし、様々なsimulation用のフォーマットで初期化ファイルを自動生成するコードを開発した。これにより各simulation間のパラメータの同一性・整合性が保障され、コード間の計算結果の直接比較が可能となる。

LINACのコミショニングに用いられるsimulatorとしてはTrace3Dが採用されており、RCSではSADが採用されている。XAL^[3]はSNSで開発されたJavaベースの上位アプリケーションフレームワークであり、内部にシミュレーターを持つ。XALではTrace3D、MAD等の初期化ファイル生成ツールが実装されている。そこでXALを利用し、機器DBと運転ログDBからTrace3D、SADの初期化ファイルの生成を行う。まずsimulation用のRDB表を実装し、XALの入力ファイル(XML書式)へ変換するJavaコードを開発した。図4はLINACからRCSへのBT系であるL3BTの β_x 関数をTrace3D、XALを使って計算し比較したものである。両者の結果は精度よく一致している。L3BTに加えMEBT1、DTL1の入力ファイルを生成することに成功した。現在SAD初期化ファイルの生成コードをXALのツールとして開発中である。

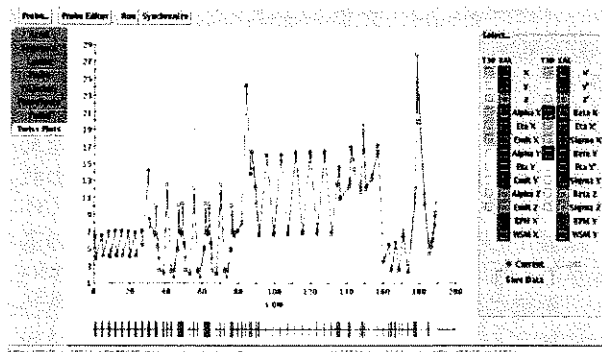


図4: β_x の比較 (XALとTrace3D)

参考文献

- [1] H. Takahashi, et al., "Control System of 3GeV Rapid Cycling Synchrotron at J-PARC", Proceedings of PAC 2005 in Knoxville, USA, May 2005
- [2] H. Ikeda, et al., "Development of a SAD Script Interpreter with Java", These proceedings.
- [3] C. K. Allen et al., "A Novel Online Simulator for Applications Requiring a Model Reference", Proceedings of ICALEPCS2003, Gyeongju, Korea, URL: <https://www.sns.gov/APGroup/appProg/xal/xal.htm>