

特集2 KEKB B ファクトリーのコミッショニング

KEKB 制御システムの構築

山本 昇*

Construction of the KEKB Control System

Noboru YAMAMOTO*

1. 前 口 上

計算機/ネットワークの世界はドッグイヤーといわれ、数年前のことは時代遅れとなってしまう。その意味では、KEKB 建設当時の制御システム構築時の話は太古の時代であり、いまさら多くを語っても意味は無いだろう。一方で童話・昔話は人間の深層を知る上で貴重な資料でもある¹⁾。制御システムの昔話からも表面的な技術論を超えた教訓を得ることができるかと思ひ、ペンをとる次第である。

2. KEKB 加速器制御システム

KEKB 加速器はその前身となる TRISTAN 加速器から多くの資産を引き継いでいる。制御システムも多くのコンポーネント、特にハードウェアを引き継いでいる。これは一方では建設経費節減のための方策でもあったが、結果的に TRISTAN で実証されてきた高信頼性の機器（特に CAMAC）を利用すると言うメリットにもつながった。

一方で、トリスタンの加速器制御システム²⁾は、ネットワーク接続されたミニコンピュータの上に構築されていた。このシステムは、NODAL と呼ばれるインタプリタ言語を備え、ネットワーク接続された計算機間ではデータのみならず、プログラム中から動的にプログラム実行を指令できるなど、現在のエージェント/リモートオブジェクトにつながる機能を持った先進的なものであった。一方で、ハードウェア技術的には 64 KWords のメモリや 1 Mbps のネットワーク速度など、KEKB 制御システムの構築を進めていた 1995-2000 の当時の技術水準からはかなりの開きがあった。その頃 TRISTAN 加速器グループでは加速器光学の設計や、粒子動力学のシミュレーションの為に一群の WS (SAD 計算機と呼ばれた) を導入し運用し

ていた。その経験からも、KEKB 制御システムでも Unix ベースの WS を採用したシステムとすることは自然に思われた。

2.1 EPICS

KEKB 制御システムではその基幹となるソフトウェアを一新し、EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) を採用した。EPICS は Unix WS と VME 計算機¹⁾を TCP/IP ネットワークで接続した構造を基本としている。この構造は当時から現在にいたるまでの主流な制御システムの基本構造となっている。その後 EPICS は順調に発展し、現在では世界各地の新型加速器等の制御システムの基盤として採用されている。

それまでの加速器制御では、各制御システム毎に計算機プログラムを From Scratch で制作することが当たり前であった。これは計算機技術とそれを利用した制御システム自体が発展の途上であったことを示している。電子計算機とそれに基づく制御システムの成熟にしたがい、各地の加速器制御システムの間でソフトウェアを共有しようという機運が全世界の加速器制御関係者の間で高まっていたのもその頃である¹²⁾。EPICS はそのような試みの一つとして LANL と ANL が共同で開発⁵⁾したものである。KEKB 制御システムの設計においては、TRISTAN 加速器等で行ったこれらの新しい制御システムの内いくつかシステムについて評価を行った。最終的に EPICS をベースとして KEKB 制御システムを構築する事とした。

KEKB 制御システムでは、当時高機能省電力で将来性に満ちていると思われた PowerPC を搭載した VME シングルボード計算機を IOC として採用した。

¹¹ 現在の EPICS では VME 計算機は必須の要素ではない。

¹² TRISTAN 加速器制御システムでも NODAL 言語そのものの仕様は CERN で開発された NODAL を基礎としているが、処理系の実装は HIDIC-80 のために新たに開発された。

* 高エネルギー加速器研究機構 加速器第一研究系
(E-mail: noboru.yamamoto@kek.jp)

EPICSを採用した各地の研究所ではまだMC68KベースのIOCが主流であり、PowerPC上でEPICS IOCを動かすためには様々なテストが必要であった。この頃KEKB制御グループに参加していただいた小田切淳一氏と、頭をひねっては一つ一つの問題を解決していったのは、今となっては懐かしい思い出である。同時にこの時にEPICSソースコードを（くまなくとは言えないが）あちらこちらと読んでいったのは、現在の組み込みEPICS⁹⁾にまでつながる資産であると思っている。

KEKBの制御システムではそれまでの加速器制御システムの運用上の反省にたち、データベースシステムを様々なデータの管理に応用しようと言う野心をたてた。中村達郎氏と三菱電機の梶正浩氏にこの困難なタスクに取り組んでいただき、お二人の献身的な開発の結果データベースが完成した。残念ながら遠大な目標とはうらはらに、せっかくの労作はその力をフルに発揮することはできなかった。プロジェクトの進捗状況とデータベース整備のタイミングのミスマッチなどいくつかの要因が考えられるが、遠大な目標を実現するためのデータベース利用技術の経験不足もあったと、せっかくの労作を有効に利用できなかった責任を痛感している。リレーショナルデータベースの利用はその後形を変え、運転ログの記録⁷⁾や運転シフト表管理等に幅広く応用されている。データベース利用の技術が十分に習得されたところで、新たな発展も望めるのではないかと期待している。

2.2 SADとの統合

KEKB制御システムの構築には既に述べた様に、TRISTAN加速器制御システムの経験が生かされている。TRISTAN制御システムでは、軌道補正計算などは計算機センタが運用する大型計算機にオンラインで計算ジョブを発行し、その結果を制御システムが使って設定変更するという仕組みであった。TRISTAN加速器が建設された当時は大型計算機が主流の時代であったが、Unix WSとTCP/IPによるネットワークが主流に育ちつつあったKEKB加速器建設期には、制御システムと軌道計算などの加速器モデルの緊密な結合が求められていた。KEKで開発された加速器モデリングプログラムSADは、生出勝宣氏がスクリプト機能を実装した事によって、対話的に加速器モデル計算を行う手法として、KEKB加速器設計の中心ツールとして使われていた。このSADを制御システムの中に取り込むことは、きわめて自然な成り行きであった。EPICS CAライブラリとの結合やユーザインタフェースライブラリ(Tkinter)の整

備が進められ、特に、赤坂展昌氏が中心となって開発して下さったKBFrame⁶⁾によって、多数の加速器研究者自身が加速器運用に利用可能な制御アプリケーションを自ら開発できるようになった。これはTRISTAN時代のNODALによるアプリケーション開発パターンを踏襲しているとも言えるが、モデルとの緊密な連携と現代的で柔軟なユーザインタフェースを備えることで、高度な制御が実現されたと言えるだろう。現在でもKEKB加速器を始めPF-AR, J-PARC加速器の制御でもSADが利用されている。加速器モデルと制御システムの緊密な結合は現在の加速器制御でも重要な課題である。

3. 終わりにかえて

振り返ってみれば、システム立ち上げ時には予想しない事態も多少はあったけれど、KEKB加速器の立ち上げ時より制御システムが運用され、今日にいたるまで継続して利用されている。これはひとえにKEK制御グループ関係者の皆さんの絶え間ないご努力の賜物である。ご協力いただいた方々に心より感謝いたします。このようにKEKB制御システムがTRISTAN加速器制御システムの経験をふまえながら、新しい技術を導入し発展してきたように、将来の加速器制御システムに向けて、KEKB制御システムの経験が有効に利用されることを祈りつつペンをおく。

参考文献

- 1) 河合隼雄, “おはなしの知恵”, 朝日新聞社, 2000; 朝日文庫, 2003, ISBN 4-02-264321-8.
- 2) Shin-Ichi Kurokawa, et al., *Nucl. Instr. and Meth.*, **A247**, pp. 29-36 (1986).
- 3) Shin-Ichi Kurokawa, *Proceedings of the 1993 Particle Accelerator Conf.*, pp 2004-2006.
- 4) Shin-ichi Kurokawa, T. Katoh, T. T. Nakamura, T. Mimashi and N. Yamamoto, “Control System Design for KEBB accelerators”, MPa06.
- 5) L. R. Dalesio, et al., *ICALEPCS 91*, KEK Preceedings 92-15, 1992, pp. 278-282; L. R. Dalesio et al., “The Experimental Physics and Industrial Control System Architectuer”, *ICALEPCS93*, Berlin, Germany, Oct. 18-22, 1993.
- 6) N. Akasaka, H. Koiso and K. Oide, “Operation Software for Commissioning of KEBB LINAC programmed with SAD”,
- 7) 吉井兼治他, “Zope ベース Web 運転ログシステム-Zlog”, 第一回日本加速器学会年会, 千葉県船橋市, Aug. 4-6, 2004. pp525.
- 8) T. T. Nakamura, N. Yamamoto and T. Katoh, “Data Archiving System in KEBB accelerator control system”, *ICALEPCS2005*, Geneva, Oct. 10-14, 2005.
- 9) A. Uchiyama et al., “Development of Embedded EPICS on F3RP61-2L”, *Proceedings of PCaPAC08*, Ljubijana, Slovenia, 2008.