

特集：高輝度 X 線 (Ⅱ) —MR 放射光利用—

§2. 加 速 器

2-3. 加速器制御システム

三増 俊広*, 秋山 篤*, 工藤喜久雄*, 川本 崇*
 駒田 一孝*, 山本 昇*, 中村 達郎*, 竹田 繁*
 加藤 直彦*, 浦川 順治*, 吉田 奨**
 吉川 武***, Jiri Navratil****

*高エネルギー物理学研究所, **関東情報サービス,
 日立造船, *Czech Technical University

An Accelerator Control System for Tristan Main Ring Light Source Study

Toshihiro MIMASHI*, Atsushi AKIYAMA*, Kikuo KUDO*, Takashi KAWAMOTO*,
 Ichitaka KOMADA*, Noboru YAMAMOTO*, Tatsuro NAKAMURA*, Shigeru TAKEDA*,
 Tadahiko KATO*, Junji URAKAWA*, Susumu YOSHIDA**,
 Takeshi YOSHIKAWA and Jiri NAVRATIL

*National Laboratory for High Energy Physics,
 Kanto Information Service, *Hitachi-Zosen Ltd., ****Czech Technical University

Since the experiments were scheduled in the limited period, the accelerator had to be tuned up in the very short time.

The accelerator was modified for the super-light source experiment and operated under the completely different optics. Can the beam be circulated smoothly? Can we have enough beam life time, enough current, low emittance and stable synchrotron light? In order to satisfy these requests, the key of the control system was to import SAD (Structured/Strategic Accelerator Design) to the control system.

In this context, we will describe how the SAD was introduced to the control system. Then the beam orbit feedback system constructed with EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) will be described.

今回の放射光実験は3ヶ月という限られた期間に行われ、加速器の大規模な改造、全く新しいOPTICSの下で、0からの加速器の立ち上げを非常に短い時間のなかで行わなくてはならない状況にあった。そもそもビームがリングのなかを短時

間のチューニングで回るようになるか？ 実験に十分なビーム電流が蓄積できるか？ 十分なビームライフが得られるか？ エミッタンスは充分小さく出来るか？ 放射光の振動は充分小さく抑えられるか？ 制御システムは、予想されるいかな

* 高エネルギー物理学研究所 〒305 つくば市大穂 1-1
 TEL 0298-64-5274 FAX 0298-64-3182 e-mail mimashi@kek.vax.kek.jp

る困難な状況にも対応できるものでなくてはならなかった。その生命線となったのが、加速器軌道解析計算コード SAD (Structured/Strategic Accelerator Design) の活用であった。すなわち今回制御システムに課せられた一番大きな課題は、加速器の状態を SAD で解析出来るような環境を作ること、および SAD で解析したことをすぐに加速器の運転にフィードバック出来ることの2点であった。本文では、まず、SAD と加速器制御システムをどのように接続したかを中心にのべ、次にもう一つの目玉である EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) を用いて構築した軌道安定化フィードバックシステムについて述べる事にする。

1. トリスタン加速器制御システム概要

トリスタン加速器制御システムは、25台の日立製制御用コンピュータ HIDIC80を転送速度10 Mbps の光ファイバー NtoN トークンリングネットワークで結んだシステムを使用している。25台の HIDIC80は、その役割からハードウェア計算機とシステム計算機に分けられ、ハードウェア計算機は、RF、真空、電磁石などのハードウェアの制御を専門的に取り扱い、システム計算機は、Man-Machine Interface の提供、アラーム表示等を行っている。また、HIDIC80では取り扱えない軌道補正計算のような複雑な計算は、当時本研究所データ処理センターで運用されていた大型計算機日立 HITAC、富士通 FACOM を使用した。機器へのインターフェースとしては CAMAC が採用され、2000以上のモジュールで制御を行っている。ソフトウェアとしては、FORTRAN に非常によく似た PCL 言語、および CERN の SPS で作られ、日本で HIDIC80に移植されたインタープリター言語 NODAL を採用している。本計算機システムの大きな特徴は、RPC (Remote Procedure Call) が非常に重要な役割をはたしていることと、データモジュールの採用にある。

RPC は、トリスタン加速器制御システムのような分散型計算機システムの根幹をなすもので、たとえば電磁石の制御を行う時、オペレータはコンソールコンピュータでコマンドを打ち込み、別の電磁石制御用計算機の CPU を使って電磁石の制御を行うといったものである。NODAL は、このようなプログラミングが容易に出来るようになっている。もう一つの特徴であるデータモジュールの採用とは、例えば、電磁石の電流を変える時には、常に電磁石グループのハードウェアの専門家によって用意されたソフトウェア(データモジュール)を通して行うことである。これによって、ハードウェアは、常にソフトウェアによっても保護され、オペレータのミスによって壊れることがないようにしている。通常データモジュールは PCL 言語で書かれ、それを NODAL から呼び出すといった具合である。

2. Unix Workstation 及び VME ボードコンピュータの導入

HIDIC80と大型計算機の複合システムは、長年非常に安定して使用されてきた。しかしながら最近の計算機の発達が目覚ましく、特に HIDIC が16 Bit マシンであることから来るいろいろな制約が目につくようになってきた。また、CPU も約 1 Mips しかなく、グラフィックス画面の表示等に非常に時間がかかり、Man-Machine Interface の部分だけでも Workstation で行えるようになれば、マシンチューニングの効率化に果たす影響は絶大なものがある。ところが、HIDIC80は、現在のようにネットワークが発達する以前に設計されたプロセスコンピュータであるためイサネット等のネットワークに対応出来ず、他の Workstation から加速器を制御出来なかった。そこで、HIDIC と VME ボードコンピュータ間の情報交換を CAMAC のメモリーモジュールを用いて行った。現在、加速器制御に頻繁に使用されているデータは、400台のビーム位置モニター

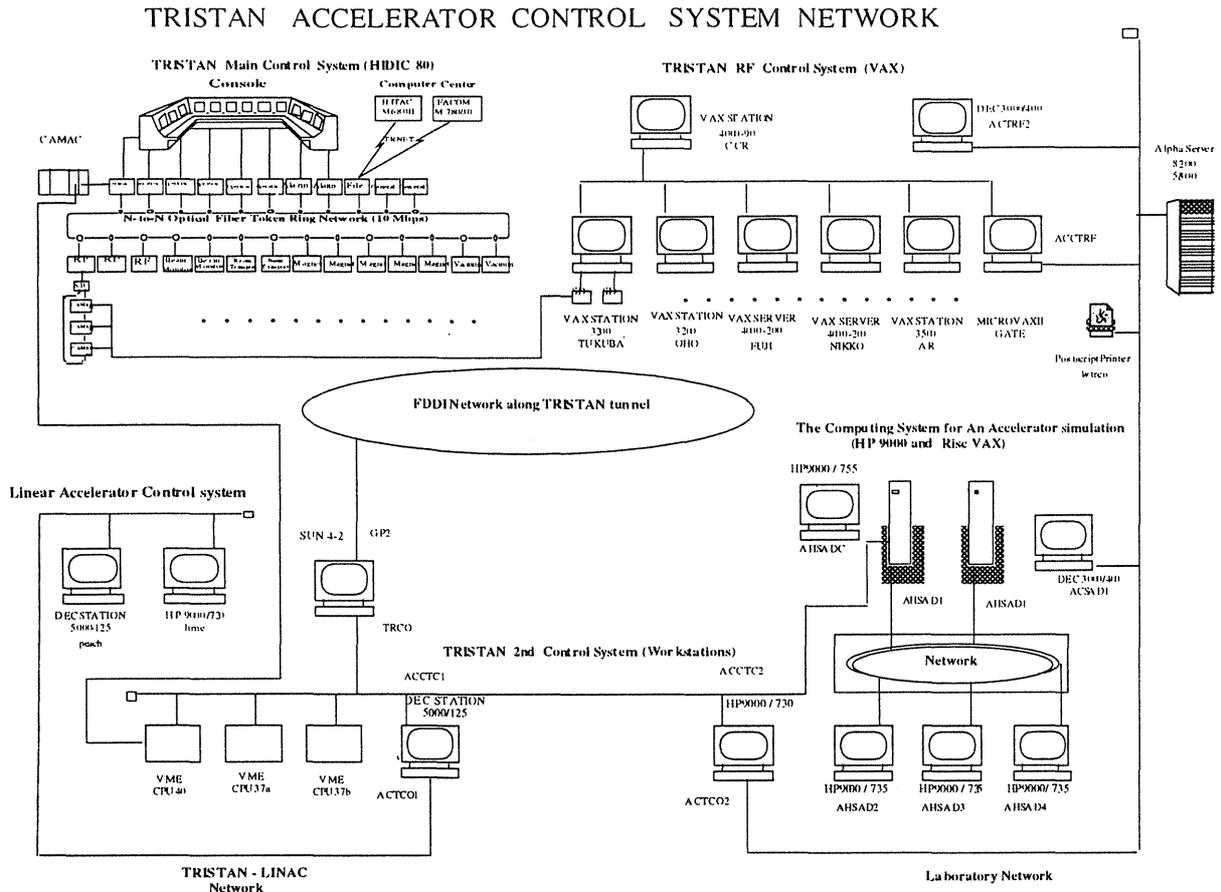


Figure 1. TRISTAN accelerator control system with Unix Workstations.

から来るビーム軌道情報，520台のステアリングマグネットのキック角の情報，OPTICSを決定する約110ワードのパラメータ（電磁石のK値等）などデータの量は少なく転送時間は問題ない（図1）。

一度，データをWorkstationに持って来れば，いろいろなアプリケーションプログラムを使用することが出来る。今回は，X Windowを使用してMan-Machine Interfaceを構築した。ファイルの検索，ボタン操作等を行うインターフェース画面は，トリスタン加速器制御グループで作られたMotifを使ったライブラリーで書かれ，400台のビーム位置モニターやステアリングマグネットの表示には，PV-WAVE（コマーシャルプロダクト）を使用した。この結果，軌道補正計算及びその表示の速度は約2倍速くなった。

もう一点制御グループとして注意を払ったことは，ゲリラ的に出てきた要求に出来るだけ迅速に対応出来る体制を整えることである。例えば，ビデオ信号を制御室まで引いてくれば，すぐにそのビデオ信号をWorkstationに取り込み解析が出来るシステムを提供した。光モニターのデータをWorkstationに取り込み解析を行ったシステムは，その1例である。

3. 軌道解析計算コードSADの加速器制御への導入

加速器軌道解析計算コードSADは，本研究所の加速器研究部で開発され，現在行われている多くのプロジェクトの加速器のデザインに用いられている。SADは，OPTICSの計算，Tracking等非常に汎用性のある計算コードでFORTRANで

書かれている。数年前 Unix Workstation (HP-UX 及び DEC Alpha) に HITAC から移植された。(2)で述べられたシステムを使って収集された加速器のデータは、SAD によって解析出来るようになり、軌道補正計算、バンプの作成、OPTICS の作成および設定、チューンの微調整、クロマティシテイの補正、部分的軌道補正等に用いられた。SAD の加速器運転への導入は、放射光実験の始まる以前に何回もトリスタン加速器を使って実験され、いくつかのパラメータの微調整が行われた。軌道データの履歴や、OPTICS のデータは、全て SAD の入力ファイルの形式で保存され、OFFLINE 解析が可能であるようになっている。

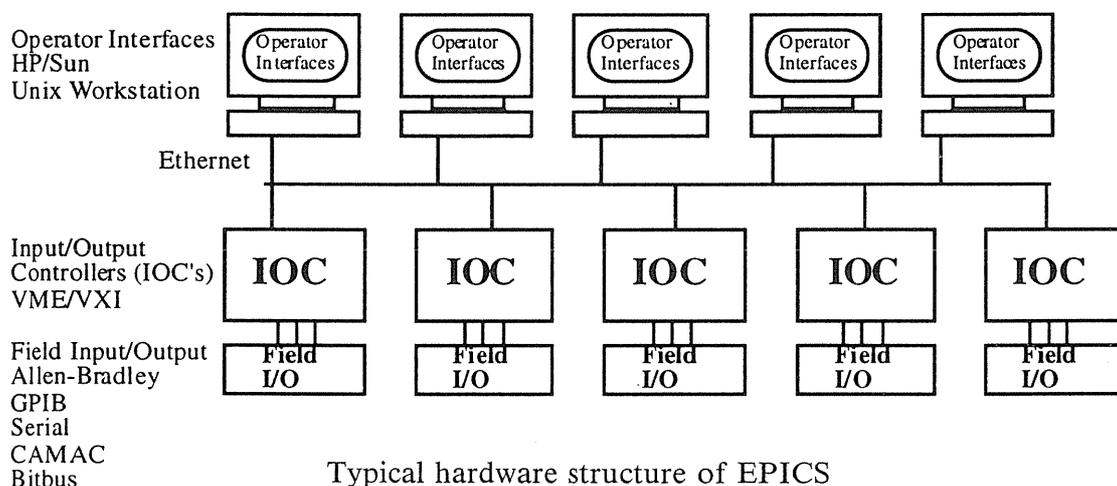
4. EPICS を用いた加速器制御

新しい試みのひとつとして、加速器制御に EPICS を導入したことがあげられる。EPICS は米国ロスアラモス国立研究所を中心に主に共同開発されている制御システムで、本研究所の KEKB 加速器制御グループも導入を決定している。そのほか加速器関係では、ANL, LANL, CEBAF, LBL, DESY, SLAC など、天文関係では、Gemini 8 Meter Telescope, Keck II, Kitt Peak Observatory, LIGO など採用されている。今回我々は

軌道安定化フィードバックシステムに EPICS を用いた。また、放射光モニターとしてのワイヤスキャナーも EPICS を通して制御することを可能にした。

〈EPICS〉

EPICS は¹⁾、VME ボードコンピュータと Unix Workstation をネットワークでつないだ分散型データベースを持った制御システムである。EPICS のシステム構成の標準モデルを図 2 に示す。EPICS は、制御システムの標準モデルというものにしたがって作られており、プレゼンテーション層としての Unix Workstation、プロセス層としての VME (VxWorks) ボードコンピュータ、そして一番下層のインターフェース層として CAMAC, GPIB, A-B, Bitbus, VME, VXI 等をサポートしている。また、データのやり取りは、チャンネル通信という統一した通信を通して行っている。EPICS は、通信だけでなく VME ボードコンピュータ上でのデータベース構築ツールや、Unix Workstation 上でのグラフィックスのプログラミングのツールも幾種類かサポートしており今回われわれもそれらのツールを用いて制御システムの構築を行った。このシステムで中心となるのは、VME ボードコンピュータで、リアルタイム性をもった VxWorks を OS として採用し



Typical hardware structure of EPICS

Figure 2. Schematic view of EPICS.

ている。また Unix Workstation は Man-Machine Interface を提供している。

〈主リング放射光実験における EPICS〉

フィードバックシステムは、アンジュレータの両端にあるシングルパスビーム位置モニターでビーム位置および傾きを測定し、水平/垂直方向各4台の高速ステアリングマグネットでビーム位置および傾きが一定になるように補正するものである。まずビーム位置モニターの情報は、CAMACのADCボードを通してVME計算機に取り込まれ、VME計算機上で軌道補正計算を行ったのちSteering Magnetのキック角を調整する。Workstationは、VMEの計算機内に保持さ

れている現在のSteering Magnetのキック角の情報や、ビームの位置の情報を読みについて、それを表示あるいは、保存している。通常のEPICSでは、60 Hzのフィードバックまでが可能であるが、今回のシステムでは、VMEボードコンピュータの持っている補助クロックを使用することにより、200 Hzのフィードバックまでを可能にした。

参照

- 1) L. R. Dalesio, et al.: "EPICS Architecture", ICALEPCS 91, KEK Proceedings 92-15, (1992) pp. 278.