

# 新規サブシステムの導入による KEK 入射器制御系の進化

上窪田紀彦<sup>1,A)</sup>、古川和朗<sup>A)</sup>、草野史郎<sup>B)</sup>、小幡友典<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> 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

<sup>B)</sup> (株) 三菱電機システムサービス (株)

〒305-0045 茨城県つくば市梅園 2-8-8

## Abstract

加速器は、長い年月継続して使用されるものである。一方、計算機制御システムの寿命は加速器本体ほど長くない。その結果、年月が経過するにつれ、当初予定していなかった機能増強や老朽化による部分交換を行わざるを得ない。KEK 電子陽電子入射器の制御システムは、1993 年の使用開始から 8 年が経過した。この間に、1) Windows PC、2) ネットワーク機能付き PLC、3) Web server などの情報技術、などのサブシステムが導入された。本稿では、KEK 電子陽電子入射器でこれらのサブシステム導入で起った問題とその解決を報告し、制御システムの将来の方向を議論する。

## 1. INTRODUCTION

KEK 電子陽電子入射器は、1982 年に最初の電子ビームを供給してから約 20 年が経過した。制御システムの基幹部分も、最初のミニコンピューター主体のもの [1] から 1993 年には現在の Unix ベースのもの [2] に置き換わった。この新制御システムも改良を重ねてきたが [3, 4]、既に 8 年が経過している。

新制御システム移行後に導入された新規サブシステムについて、第 2 章で解説する。これらの新規サブシステムは、加速器運転の機能増強のため、あるいは保守上の理由から導入されたものである。続いて第 3 章では、これらサブシステムが既存の制御システムとの間で起こした問題と、その解決がどのように行なわれたかを報告する。また、現在の制御システムの設計時点の思想で次第に立ち行かなくなってきたのは何かを検討する。

## 2. NEW SUBSYSTEMS

### 2.1 Overview of the KEK Linac Control

現在の KEK 電子陽電子入射器の制御システムは、4 台の Unix 計算機 (True64 Unix) を中心に、多様な Front-end (VME, PLC, CAMAC) が制御ネットワークで相互接続された構成になっている (図 1 参照)。約 6000 点 (16bit 単位) の信号を制御し、年間 7000 時間超の入射器運転中は毎秒約 300 回のサーバ処理をしている [5, 6]。

### 2.2 Windows PC

KEK 電子陽電子入射器は、80 年代末から DOS PC をオペレータコンソールとして導入する [7] など、早くから

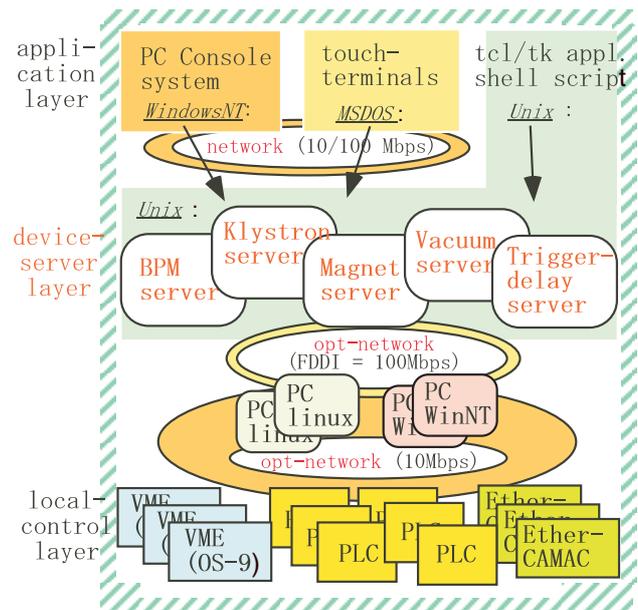


Figure 1: Simplified view of the control system.

PC の利用を行ってきた。1996 年に DOS から Windows へ移行し、今日に至っている。PC がコンソールに利用されたのは、運転業務に必要なグラフィックや漢字のある画面作成に、制御システム基幹部の Unix より PC のソフト開発環境が優れていると判断したからである。

現在のコンソールは、Windows PC (Visual Basic アプリ用)、タッチパネル [8]、および X 端末 (X-window アプリ用) の 3 種類の混成になっている (図 1 の上部)。このうち PC コンソールは Windows NT 4 (一部 Windows 2000) の PC 約 10 式からなる。加速器機器の全体監視や単純操作のほか、電子運転ログブック [9] が日々利用されている。制御システムとの通信は、1 台の Gateway (Windows PC) を介して行っている。各 PC は Gateway と OLE で通信し、Gateway は Unix (=制御システム) の各機器サーバと TCP/IP で通信する。このシステムは、過去 6 年間順調に稼動している。

### 2.3 PLC

制御システムの基幹部は 1993 年に更新されたが、マンパワーや予算の制限から Local Controller<sup>1</sup>は当面継続して利用することとした。しかし、導入以来 15 年以上の

<sup>1</sup> E-mail: norihiko.kamikubota@kek.jp

<sup>1</sup>SBC (single board computer) を利用したもの。[1] 参照。

時間がたって保守が困難になってきたため、表1に示すように準備ができたものから順次交換している。

Table 1: Local Controller の交換

制御機器 移行時期	1993年 以前	移行期	現在の 状況
Klystron '97-'98	CAMAC -> SBC	VME -> SBC	Ethernet -> PLCx70 台
Magnet '96-'00	CAMAC -> SBC	VME -> SBC	Ethernet -> PLCx51 台
Vacuum '96-'97	CAMAC -> SBC	VME -> SBC	Ethernet -> PLCx18 台
Trigger '97-移行中	CAMAC -> SBC	VME -> SBC	Ethernet -> CAMAC
BPM '97 新規	無し		Ethernet -> VMEx19 台

#### SBC - Single Board Computer with micro-processor

各機器の Local Controller は、単純な IO 数 100 点と簡単なロジックが必要である。また、上流の制御計算機と何らかの通信が出来なくてはならない。Local Controller 更新時の機種選定は各機器の担当者が行ったが、結果的にクライストロン、電磁石電源、真空の3機器で PLC(横河 FA-M3) が選定された。PLC は、単純 IO では VME などと比較して安価であり、ラダーで簡単な前処理が可能である。また横河 FA-M3 は、ネットワーク通信機能を他社 PLC と比較検討した結果、我々の制御システムに組み込みやすい UDP プロトコルが実装されていた。

Local Controller(PLC, CAMAC) が直接 Ethernet の口を持つことで、ローカル制御ライン (field network) に汎用光ネットワークを利用できる。各社独自の専用線に比べ、長期的保守や価格で有利である。我々の様にパルス運転するクライストロンの電磁ノイズが甚だしい環境では、安価な光ケーブルが利用可能な点は重要である。

なお、Trigger-delay の Local Controller はネットワーク機能つき CAMAC が選定され、現在移行途中である。CAMAC が選ばれたのは、選定当時は必要な機能を持つ市販モジュールが CAMAC でしか見つからなかったためである。また、BPM(ビームモニタ) は VME が選定された。BPM の場合複雑な前処理ソフトが必要で、PLC では予定する機能の実現は困難と判断した。

## 2.4 Web and Related Topics

近年、World-wide-web に代表される情報通信環境が急速に発展している。KEK 電子陽電子入射器では、Web server に基幹 Unix のうちの 1 台を割り当て、1994 年 5 月にホームページが立ち上がった [10]。現在までに多くの情報が提供されているが、a) 単純な加速器機器の情報提供、b) リアルタイム性を目指した試み、c) 加速器機器履歴データベースの情報提供、について紹介する。

**a) Status of accelerator devices** Web server は制御システムの 1 部でもある<sup>2</sup>ので、簡単な CGI script を用意

<sup>2</sup>Web server 機では、機器モニタは誰でも出来るが制御(変更)は出来ないよう制限している。

することであらゆる機器の現在値を Web で表示出来、実際多くの機器の Web page が開発されている。ただし、一度表示された画面はそのままでは更新されないので、連続して機器監視をしたい場合には向かない。

**b) Realtime display by Java and CORBA** GUI に Java applet を使い、また加速器制御システムとの通信に CORBA プロトコルを採用すれば、一般の Web browser で加速器機器のリアルタイム表示が出来る。KEK での試験では 50ms 程度の round-trip が可能で、しかも CGI のような重い server 負荷が無い [11, 12]。ただし、いろいろな種類の browser での可用性を高めるには Java の AWT class などに厳密なバージョン管理が必要である。また、CORBA server を制御システム側に構築する必要があるが、簡単ではない。これらの問題点はあるが、現在実用版として KEK 電子陽電子入射器のビーム電流履歴画面を開発中である。

**c) Presentation of archive data** Web による情報提供で定着したものに、履歴データベースへのアクセスがある。現在、クライストロンと真空の過去最大 3 ヶ月の履歴を閲覧できる [13]。以前は専用ツールを使いこなせる人以外には利用できなかった履歴データが、Web インターフェースを開発することで誰でも利用できるようになった。さらに、他の既存の履歴データベースへアクセスできるよう、CORBA や XML を利用したデータベースの汎用化の研究を進めるべく準備している。

## 3. DISCUSSION

### 3.1 Problems with Subsystems

**a) Windows PC** 過去 5 年間で、PC の CPU 能力は驚異的に向上した。このような安価な PC の CPU 能力を利用するのは、既存の Unix ベースの制御システムでも当然の流れである。PC を Linux (または DOS) で使う場合、C 言語ライブラリのソースを共通化出来るなど Unix 基幹部と整合を取りやすく、問題は少ない。KEK 電子陽電子入射器でも既に何種類かの Linux PC や DOS PC が制御システムに組み込まれている [14, 16, 8]。

しかし Windows (Visual Basic) の場合、Unix とプログラム資産の共通化が出来ない。例えばネットワーク通信ライブラリは、Unix/Linux/DOS では共通の socket 関数でソースの保守も一括で行っているのに対し、Windows では winsock 関数を用いた全く異なるコードとなって別管理にせざるをえない。この問題の影響は、Unix 側で進む新規開発や改造がなかなか Windows 側に反映できないという形で現れている<sup>3</sup>。

Windows には Windows 同士で相互通信するプロトコルが実装されている。Windows PC の台数が増加した最近の KEK 電子陽電子入射器では、何らかのネットワークトラブルが起こった際にこのプロトコルがバーストとなってネットワークを混乱させる事件が起こっている [16]。この原因は、Microsoft 社のネットワーク実装は本

<sup>3</sup>例えば BPM は 1997 年から始まった比較的新しい機器だが、現在でも Windows 版通信ライブラリが開発されていない。

来小規模ネットワーク向けで、大規模ネット環境に向いていないことに起因するようだ<sup>4</sup>。

いずれの問題もすっきりした解決策は無い。ソース管理については、将来通信層のコードを CORBA にすれば共通化出来ると見ているが、まだ試験的な段階である [17]。また、Windows のネットワークバーストは、途中のルータ設定の工夫でバーストを局地的に抑えるなどの対症療法を取っている。

**b) PLC** KEK 電子陽電子入射器では、90 年代後半にクライストロン・電磁石電源・真空の Local Controller はすべて PLC に移行した (表 1)。移行後に問題になってきたのは、各機器サーバ (図 1 参照) と PLC の間の UDP ネットワーク通信量の増加である。

1998 年末、KEKB 運轉向けアプリケーションが整備されるにつれクライストロンサーバと PLC の間の通信量が増え、基幹 Unix の CPU 能力が不足する事態を招いた [5]。この問題は、1999 年夏に Linux PC を 2 台で PLC データをキャッシュする仕組みを開発し、PLC 通信量を 4 分の 1 にして解決した [16, 14]。また、真空も 2000 年 6 月に同様のキャッシュ利用に移行している。

電磁石電源の PLC は、消磁など付加価値機能の実現のため、最初から Unix サーバと PLC の間に PC (Windows) 1 台を介する設計とした [16, 15]。クライストロン同様にキャッシュ機能もあり、PLC の UDP 通信量は直接通信する場合に比べ 4 分の 1 程度と見積もられる。

このように、PLC に移行した機器は、いずれも Unix と PLC の間に「中間管理職」を置く必要があった。これは、KEK 電子陽電子入射器の規模・負荷状態では PLC 単独のインテリジェンスでは不十分で、Local Controller 層に CPU を追加する必要があった、と言えるであろう。

**c) Web** Web による情報提供は、専用のプログラムに比べ CPU やネットワークの負荷が大きいという問題がある。KEK 電子陽電子入射器では Web server のある Unix 計算機と主たる運轉機は別にしているため、Web の負荷は運轉には直接影響していない。しかし、今後ますます Web による情報提供の必要性は増すと思われ、いずれ Web 用計算機の CPU 増強や台数追加が必要になると考えられる。また、現状では個々のコンテンツを手作業で開発・追加しているが、基本的なものは機器データベースから Web コンテンツを自動生成する仕組みを開発するなど、省力化の工夫が望まれる。

### 3.2 Change of Control Policies

大型加速器制御システムの基本構造は、今も昔も同じだろうか? KEK 入射器制御システムの 1993 年の基幹部入れ替えとその後のサブシステム導入を考えると、表 2 のような大きな流れがある。1993 年の KEK 入射器制御システムは 90 年台の典型であったが、過去 8 年のサブシステム導入は 21 世紀型に向けて脱皮を繰り返していると言えないであろうか。

さらに、制御システム設計時と方針が変わった点として、Local Controller の管理がある。かつては Local

Table 2: 大型加速器制御の基本構造の変遷

	80年代	90年代	00年代
console	CUI (text base)	window (X+Windows)	Web ?
基幹部	mini- computer	Unix	Linux ?
network	専用の 高速回線	汎用の TCP/IP	CORBA ?
Local- Controller	CAMAC	VME	PLC with Ethernet ?

Controller は制御グループが維持・管理していたが、90 年代後半の更新以後、各機器グループが保守している。この結果、制御スタッフの負担は軽減したが、1993 年当時の Local Controller を統一しよう (その結果 VME が選定された) という思想は崩れた。また、制御グループと機器グループで本来同じはずの機器データベースを別々に管理するなどの問題が起こっている。

### REFERENCES

- [1] K.Nakahara, I.Abe, R.P.Bissonnette, A.Enomoto, Y.Otake, T.Urano and J.Tanaka, Nucl. Instr. Meth. A251(1986)327
- [2] N.Kamikubota, K.Furukawa, K.Nakahara and I.Abe, Nucl. Instr. Meth. A352(1994)131
- [3] N.Kamikubota, K.Furukawa, K.Nakahara, I.Abe and A.Shirakawa, Proc. of the ICALEPCS'95, Chicago, October 1995, FERMILAB Conf-96/069 p.1052
- [4] 上窪田紀彦、他、第 20 回ライナック研究会、1995 年 9 月、大阪、p.209-211
- [5] 上窪田紀彦、他、第 24 回ライナック研究会、1999 年 7 月、札幌、p.119-121
- [6] N.Kamikubota, K.Furukawa, T.Suwada and T.Urano, APAC 2001, Beijing, Sept.2001, to be submitted
- [7] K.Nakahara, I.Abe, N.Kamikubota and K.Furukawa, Nucl. Instr. Meth. A352(1990)446
- [8] N.Kamikubota, H.Akimoto and K.Furukawa, Proc. of the PCaPAC'99, Tsukuba, Jan.1999, KEK-Proceedings 98-14
- [9] M.Tanaka, I.Abe and H.Kobayashi, Proc. of the PCaPAC'99, Tsukuba, Jan.1999, KEK-Proceedings 98-14
- [10] <http://www-linac.kek.jp>
- [11] 草野史郎、他、第 23 回ライナック研究会、1998 年 9 月、つくば、p.369-371
- [12] S.Kusano, N.Kamikubota and K.Furukawa, Proc. of the PCaPAC'99, Tsukuba, Jan.1999, KEK-Proceedings 98-14
- [13] 上窪田紀彦、他、第 25 回ライナック研究会、2000 年 7 月、姫路、p.252-254
- [14] 草野史郎、他、本会議で報告予定
- [15] A.Shirakawa, private communication
- [16] N.Kamikubota, oral presentation at PCaPAC 2000, Hamburg, Oct.2000, included in CD-ROM
- [17] S.Kusano, N.Kamikubota and K.Furukawa, Proc. of the ICALEPCS'99, Trieste, October 1999, p.535-537

<sup>4</sup>Microsoft 社リソースキットや samba の情報を参照したが、詳細がわからない。Windows のネットワーク実装がタコという噂はある。