

## OPERATION WATCHDOG SOFTWARE FOR THE KEK INJECTOR LINAC

Takuya Kudou<sup>1,A)</sup>, Shiro Kusano<sup>A)</sup>, Kazuro Furukawa<sup>B)</sup>, Tsuyoshi Suwada<sup>B)</sup>, Masanori Satoh<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd  
2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045

<sup>B)</sup> High Energy Accelerator Research Organization  
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801

### Abstract

The KEK injector delivers the different kinds of beams to four independent storage rings. The annual operation time exceeds 7,000 hours. In the linac, many front-end computers (VME, VXI, PLC, CAMAC and PC) are used for controlling the local devices and measuring the various beam parameters. The histories of these parameters are recorded by the home-made logging and EPICS archiver systems, and they are useful for a fine beam tuning. In addition, we developed many watchdog software tools for a prompt detection of an abnormal device status like a lack of timing signal. In this paper, we will present on these watchdog software tools.

### KEK入射器における運転監視ソフトウェア

#### 1. はじめに

KEK電子陽電子入射器(Linac)はKEKBリングへ8GeVの電子と3.5GeVの陽電子、PFリング及びARリングに2.5GeV、3.0GeVの電子というように、4つのリング加速器に異なる品質のビームを高い安定性、再現性をもって供給している。特にKEKBリングではルミノシティの蓄積が重要な目的となっている。このために、2004年から実用化されたKEKBの連続入射は8GeVの電子と3.5GeVの陽電子ビームを5分毎に切替えながら入射を繰返すもので、これまでよりさらに高い安定性、再現性が求められている。このような安定したビーム運転を実現するためには、様々な機器の状態を監視、把握することは不可欠であり、以前からさまざまな監視用ソフトウェアが開発、使用されている。これらの一部について報告する。

#### 2. 制御系概要

Linacの制御システムは、複数のUnix計算機(HP Tru64 Unix)によるサーバー部と多様なfront-end(VME 27台、PLC約150台、CAMAC11台)による機器制御部とオペレーターインターフェイス部の3階層の構成になっている。ネットワーク形態は基本的にスター型となっており障害箇所の特定制、回復等が容易に行えるようになっている。高出力クライストロン配置されているギャラリーとのネットワークには、クライストロンモジュレータの放つ電磁パルスノイズの影響を受けないように光ファイバー回線(10Base-FL,100Base-FX)を用いている。オペレーターインターフェイス部は、Windows PC (Visual Basic

プログラム用)、タッチパネル、およびLinux-PC(X端末として使用)の3種類の混成になっている。加速器を制御するため、各機器向けに多階層のサーバプログラムが準備されており、クライアントとサーバー間はTCP, UDPを基にした独自開発のRPC(Remote Procedure Call)によって接続されている。最近ではLinux-PCの普及に伴い、サーバー部にLinux-PCを導入している。既存のUnixのネットワーク管理ツールやプログラム資産をほぼそのまま利用できるため、導入、管理がしやすく、負荷分散に役立っている。また、WebサーバーやMailサーバーにもLinux-PCを使用している。

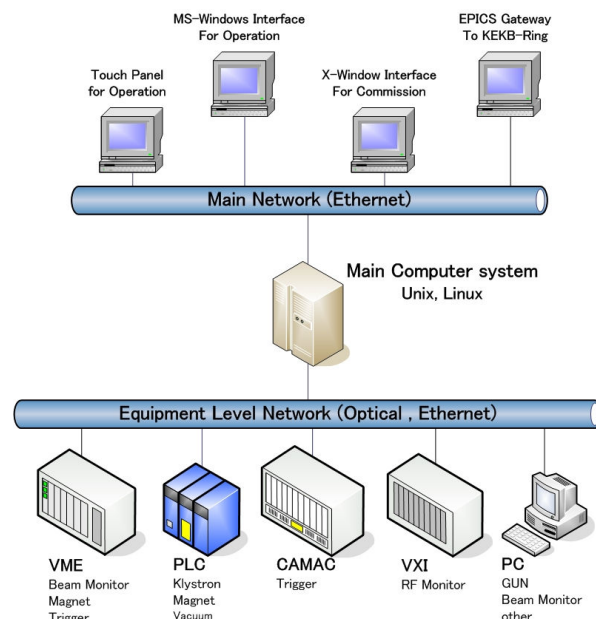


図1：制御システムの概要

<sup>1</sup> E-mail: kudoh@post.kek.jp

### 3. 監視ソフトウェア

#### 3.1 50Hz監視ソフトウェア

Linacのタイミングシステムにおいては、主タイミングステーションで生成されたビームやマイクロ波のタイミングが、異なる遅延時間をもって、約150の機器に分配されている。もし、この信号が抜けることがあると、加速器装置が正常に動作せずビームの品質が劣化するだけでなく、場合によっては機器に損傷を与えてしまう<sup>2</sup>。そのため、独自に開発した50Hz監視モジュール<sup>[1]</sup>を使ってこれらの信号を監視している。信号供給の最上流から下流までを監視しており異常発生時の切り分けが容易なようになっている。監視ソフトウェアの通信部分には、これまで制御システムで使用している通信ソフトウェアライブラリを利用し、GUI部を Tcl/Tkで作成し構成されている。ソフトウェアから監視モジュールへポーリングを行い、異常発生時には、オペレータが速やかに気付くことができるようになっている。



図2：50Hz監視ソフトウェア

#### 3.2 BPM制御用VME監視ソフトウェア

Linacは高品質のビームを供給する為、多数のフィードバックプログラムを使用している。これらのプログラムは、BPM(Beam Position Monitor)の情報を元に動作をしている。BPM制御用 VME 計算機には GPIB busが接続されているため、入射器の高ノイズ環境下では、まれに停止することは残念ながら避けられない。停止してしまっただけの場合にはより早い復旧が必要であり、それらの正常動作を常時監視することは重要である。これを監視するためのソフトウェアを Pythonで開発し、使用している。このソフトウェアはBPMの読み出し値を監視し、異常検出時にはRASモジュール<sup>[2]</sup>を使用して VMEの再起動を行う。再起動後は、その時のビームモードに応じ

<sup>2</sup> 2002 年頃モジュール内で使用されていた素子の異常により、1ヶ月に 1 回程度のまれな抜けが発見され、素子の交換が行われるという事態があった。

たBPM用オシロの設定も行い、オペレータの操作を必要とせず、自動的に正常状態へ復旧する。

#### 3.3 ESMトレンドグラフ

ビームエネルギーの幅は物理実験のバックグラウンドノイズに直接影響するため非常に重要な調整パラメータである。連続入射運転開始以前は、入射の合間毎にスクリーンモニタを用い調整を行っていたが、現在ではそれも困難になってきた。そのため現在はJ-Arc部とBTラインに設置されている非破壊型ビームモニタ(ESM; Energy Spread Monitor)<sup>[3]</sup>を用いて調整を行っている。このESMの状態変化履歴を表示するソフトウェアをTcl/Tkで開発した。これによりさまざまな要因により変動したエネルギー幅の調整を容易に行えるようになり、変動の原因の特定も容易になった。

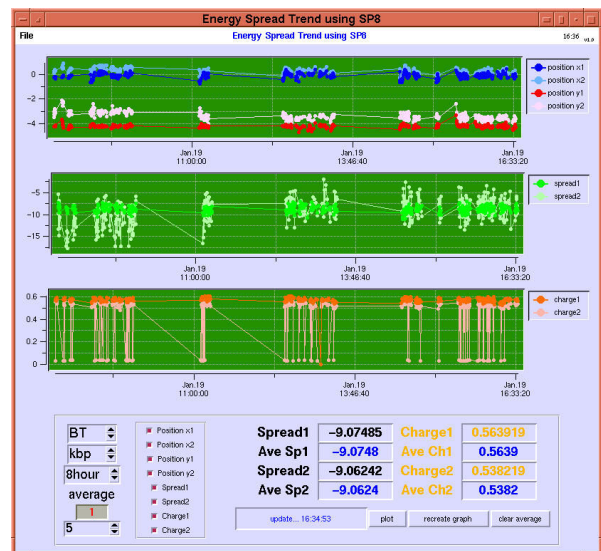


図3：ESMトレンドグラフ

#### 3.4 Cache更新監視ソフトウェア

2000年以降、計算機とPLC間のネットワーク通信量、処理数削減のためCache Server<sup>[4]</sup>を利用している。cacheは約1秒毎に更新しており、それを監視するソフトウェアも開発、使用されている。

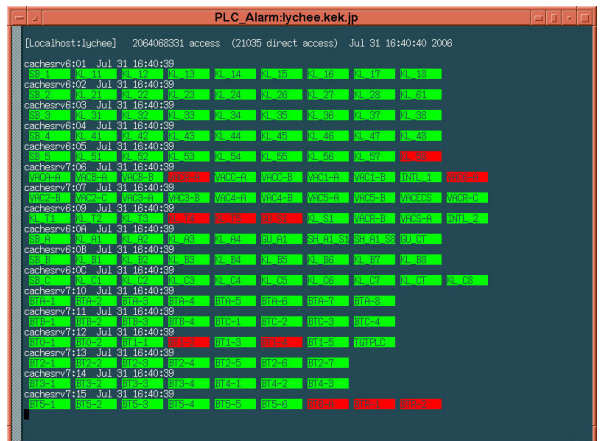


図4：Cache更新監視ソフトウェア

### 3.5 フィードバック監視ソフトウェア

各機器のさまざまな要因による状態変化へ対応するようにさまざまな安定化フィードバック（クロズドループ）プログラムが導入されており、現在では、エネルギーフィードバック、軌道フィードバック、機器のフィードバックなどが常時使用されている。これら多数のフィードバックを管理するためのソフトウェア(Feedback Status)が開発、使用されている。このソフトウェアはフィードバック状態表示や遠隔操作を行うことができ、フィードバックが何らかの要因により停止した場合に速やかにオペレータが対処できるようになっている。

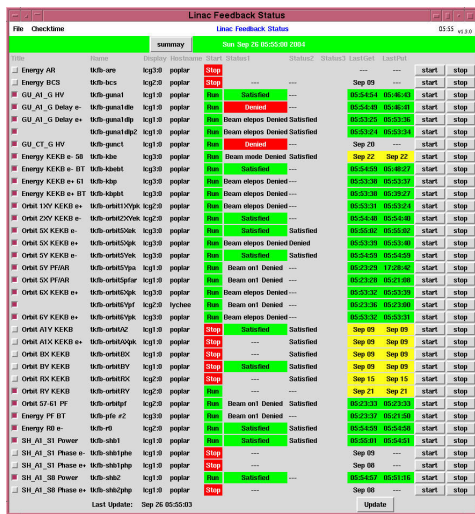


図5：フィードバック監視ソフトウェア

### 3.6 クライストロン、電磁石監視ソフトウェア

安定したビーム供給にはクライストロン、電磁石などの機器の安定が不可欠である。これらを監視するソフトウェアを Visual Basic で開発、使用されている。これらのソフトウェアは、異常発生時に視覚的に異常を知らせるだけでなく、日本語によるアナウンスを行う。インターロックの確認やリモートでの操作もできるため、より早い状況判断、復旧を行うことができる。

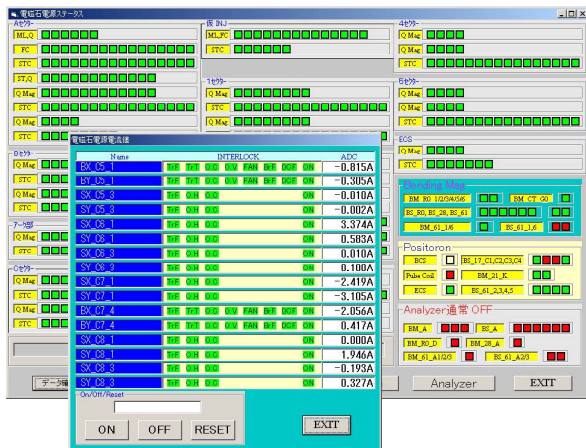


図6：電磁石監視ソフトウェア

### 3.7 温度監視ソフトウェア

冷却水温度やクライストロンギャラリーの気温が変動すると、ビーム品質に対する影響は甚大である。特に加速管の冷却水温度の影響は大きく、0.1°Cの変化でも大きな影響が出てしまう。これらの変動を監視し、一定値を超えた場合に自動的に日本語によるアナウンスを行うようになっている。

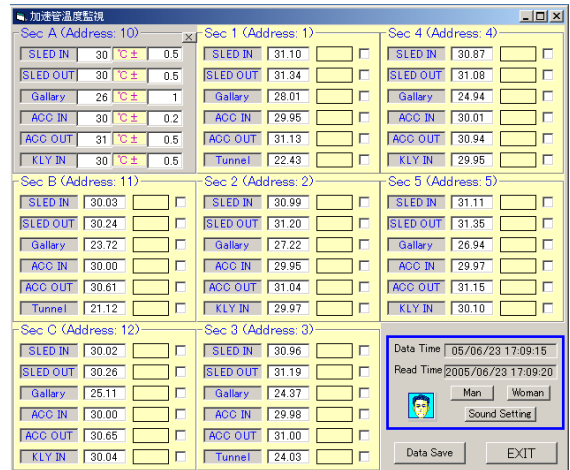


図7：温度監視ソフトウェア

## 4. まとめと今後の課題

Linacでは安定したビーム供給を目的に数多くの監視ソフトウェアを開発し使用している。これらのうち一部はWindows上のVisual Basicで開発されたが、サーバー計算機がUnix、Linuxのため今後そちらに移行したい。しかし、UnixやLinux上で日本語の音声メッセージを発生させることは容易ではないため検討が必要である。またLinacでは制御系のEPICS化を進めており、これに対応した監視ソフトウェアも充実させていきたい。

### 参考文献

- [1] 古川和朗他、“加速器制御のためのネットワーク接続機器の開発”、proceedings of the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan,2004.
- [2] 工藤拓弥他、“KEK-LINACにおけるVME計算機のシステム監視”、proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan,2003.
- [3] 佐藤政則他、“非破壊型ビームエネルギー広がりモニタの高速データ収集システム”、Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan,2003.
- [4] 草野史郎他、“Linux PC を用いたデバイスの監視”、Proceedings of the 26th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tsukuba, Aug 1 - 3, 2001.