

# Development of the user interface for the event system in KEK Linac

Takuya Kudou<sup>1,A)</sup>, Shirou Kusano<sup>A)</sup>, Kazuro Furukawa<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 Linac provides electrons and positrons to PF-Ring and KEKB Ring. In order to improve the injections, quasi top-up injections of electrons to PF and KEKB Rings have been planned. Top-up injections to those rings are carried for ultimate experimental results at the both KEKB and PF. Therefore, we developed user interface for event systems. In this paper, we will present the status of operator user interface for event timing systems in detail.

## KEK入射器におけるイベントシステム用ユーザーインターフェースの開発

### 1. はじめに

KEK電子陽電子入射器（以下、入射器）では、KEKB(8 GeV電子/3.5 GeV陽電子)、PF (2.5 GeV電子) 及びPF-AR (3 GeV電子) の4つの異なるリングへビームを供給している。各リングへの入射運転には、異なる質(電荷量・エネルギーなど)のビームが必要とされるため、入射先のリング毎にビームモード(電子銃、タイミングシステム、RF位相などのパラメータ)を切り替える必要があり、30秒から2分の時間を必要としていた。現在、KEKBに於いては連続入射(Continuous Injection)が行われているが、ルミノシティー調整効率を向上させる目的のため、ビームモード切り替え時間の更なる短縮化が望まれている。一方、PFリングに於いては、Top-up運転に対する要望が高まって来ている。

このため、2006年より、高速ビームモード切り替えを行うことによる複数リングへの同時入射を目的とした入射器アップグレードが行われている<sup>[1]</sup>。本計画では、入射器の最大ビーム繰り返し50 Hz(20ミリ秒間隔)毎に異なるタイミング信号を生成し、多数の制御機器へ供給することが不可欠である。この要求を満足するために、Event Generator/Receiverを用いた新タイミングシステム（以下、イベントシステム）の開発・導入を行ってきた。今年度より、本システムを使用したKEKB電子/陽電子及びPFの3リング同時入射を実現している<sup>[2][3]</sup>。イベントシステムの運用にあたり、必要とされる様々なユーザーインターフェース（以下、UI）が開発された。本稿では、これらイベントシステム用UIの現状について詳述する。

### 2. 新タイミングシステム

イベントシステムは、16台のVME64xクレート及びEvent Generator(以下、EVG)、Event Receiver (以

下、EVR)、PVME303/PVME323(ADC及びDAC)、RPV130 (I割り込み信号生成モジュール)などのモジュール群から構成されている。

EVGは、イベント、クロック、タイムスタンプ及び2キロバイト長までのデータなどを重畳し、一本の光ファイバ経路にて出力される。EVGとスター・トポロジ型に接続された多数のEVRは、これらの情報を正確に再現する事が可能である。一系統の光ファイバ接続のみ必要であるため、全体の構成を簡略化することが可能であり、保守作業の軽減化及び耐障害性の向上が期待される。制御用ソフトウェアは、EPICSを基に開発し、実時間処理オペレーティングシステムVxWorks上で動作させている。現在、本システムから、電子銃モード選択信号、クライストロン高圧タイミング信号、パルス電磁石タイミング信号、サブブースターの位相制御用アナログ信号などを供給している。

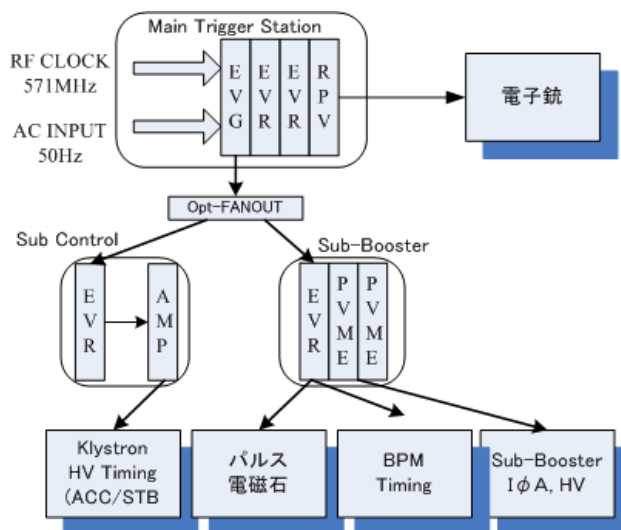


図1：イベントシステムの構成

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

## 2.1 入射パターン

イベントシステムを用いることにより、高速にモード切り替えを行うことが可能となる。実際のビーム運転に於いては、どのようにビームモードを切り替えるかのパターン（入射パターン）を決定する必要がある。しかしながら、入射パターンは各リングの状況などによって、さまざまに変化する可能性がある。このため、入射パターンを設定するための可変長リストを用意し、EVGはこの情報を基にしたイベントを生成する仕様になっている。本リストには、20ミリ秒毎のビームモードの情報が入っており、最大10秒間の入射パターンが設定可能となっている。

## 3. イベントシステム用UI

### 3.1 開発環境

イベントシステム用UIは、入射器及びKEKBに於いて広く使用されているPython/Tkinterを用いて開発された。また、EPICSレコードへのアクセスには、KEKBで作成されたPython/CAモジュールを利用している<sup>[4]</sup>。次節以降では、今回開発された各UIの機能について詳述する。

### 3.2 入射パターン設定用UI

入射パターンをパルス毎にオペレータが設定できるように開発した。ビームモード毎に色分けすることにより、高い視認性を実現している。

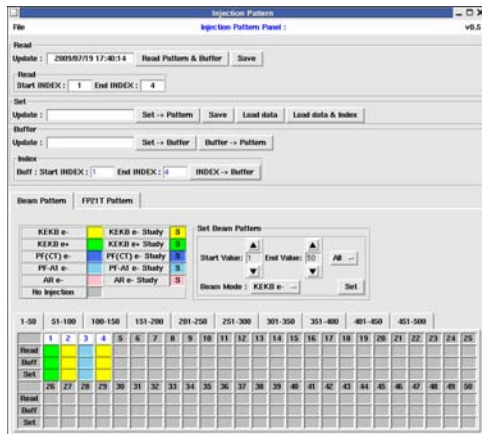


図2：入射パターン設定用UI  
(KEKB e-: 25Hz, KEKB e+: 12.5Hz, PF: 12.5 Hzの場合)

### 3.3 入射パターン自動生成用UI

各リングの運転状況に依存して、リング毎のビーム入射繰返しを変更する必要がある。前述の入射パターンUIを使用した場合、20ミリ秒毎のビームモードを一つずつ設定するため、必要とされる入射パターンを迅速に設定する事が困難である。このため、各リングの要求を満足する入射パターンを、自動的

に生成するUIを開発した。本UIでは、あらかじめ用意されたリング毎の要求ビーム繰返しEPICSレコードを監視し、レコードの値が変更された場合に入射パターンを自動的に生成及び変更する。全リングの要求を満たす解が無い場合には、あらかじめ設定された入射優先度の高いリングの要求を満足させる様な入射パターンが生成される。

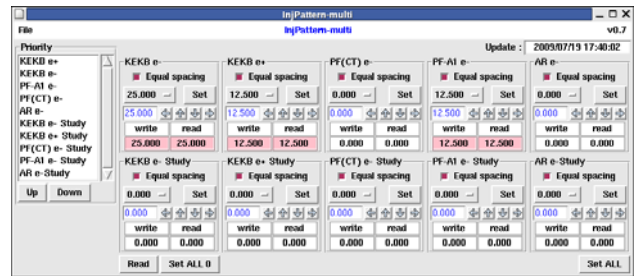


図3：入射パターン自動生成UI

### 3.4 パラメータ管理・調整用UI

本イベントシステムでは、約2000個のパラメータを制御及び監視を行う必要がある。ビーム調整時及びマシンスタディー時には、特定日時のパラメータを一括或いは部分的に再設定する必要性がしばしば生じる。この目的のため、すべてのパラメータを簡単に管理するためのUIも開発された。本UIを利用することにより、パラメータの保存及び設定が可能であり、利用者が任意の名前を付けて保存する事が可能である。さらに、バックエンドにてパラメータファイルを定期的に自動保存する機能も導入した。これにより、システムの予期せぬ障害に遭遇した場合であっても、ある程度パラメータを再現することが可能となった。

イベントシステムのパラメータも、日々のビームの変動に追従しての調整を行う必要がある。前述の通り、イベントシステムが扱うパラメータ数が多いため、用途及び設置個所によりパラメータをリストアップする機能を付加した調整用UIも併せて開発した。



図4：パラメータ調整用UI

### 3.5 BPMデータ表示用UI

入射器には、約100台のビーム位置モニタ(BPM)が設置されており、軌道表示ソフトウェアによる常時監視を行っている。また、これらの情報を基に、ビーム軌道及びエネルギー安定化用フィードバックを行っている。

BPM用データ収集システムは、同時入射運転に対応するためのアップグレードを行い、50 Hzの全ビームパルスの読み出しが可能となった<sup>[5]</sup>。このため、新データ収集システムに対応したBPMデータ表示用UIが新規に開発された。新システムは、EPICSを使用して構築されており、BPMの各データはEPICSレコード経由で読み出し可能となっている。通常、EPICSレコードの監視などを行う際には、camonitor機能（変化時のみデータを返す）が使用される。入射器では、約100台のBPMそれぞれが180個のデータを有する（水平、垂直位置、電荷量それぞれの現在値、平均値、標準偏差。それらが2パンチ分、さらにビームモードごとに分類）。これらのデータは、最大50 Hzで高速に更新されるため、すべての情報を20ミリ秒毎に再描画するのは困難である。このため、本UIでは、あらかじめ設定された時間間隔で値を取得、描画する仕組みを採用した。

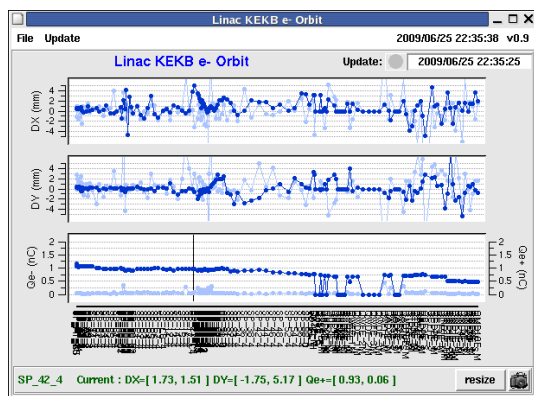


図5：BPMデータ表示用UI

## 4. 今後の課題

### 4.1 IOC動作確認用UIの開発

これまでの運用中に於いて、EVRが障害により停止する事態がしばしば発生した。計算機自体或いはネットワーク障害に起因する物である場合、比較的迅速な原因特定が可能である。しかしながら、これらに異常が見られず、ソフトウェアのみが停止していた障害が数回発生し、原因特定までに時間を要した。このような事態を避けるために、イベントシステムのソフトウェアの動作可否を保証するEPICSレコードを構築し、これを監視するためのUIを開発する予定である。

### 4.2 入射パターン自動生成用UIの改良

前述のとおり、入射パターン自動生成用UIは、各リングからの条件により自らが入射パターンを設定する。このため、本UIが複数同時起動している場合には、予期せぬ動作を行う事が予測される。このような事態を避けるため、生成部分をUIから切り離しサーバプログラム化して複数のUIから使用する或いは本パネル自体の複数起動を禁止する機構を導入する予定である。

### 4.3 BPMデータのタイムスタンプ

現在のBPMシステムでは、現在のビームモード情報をイベントシステムから取得し、ビーム位置演算のための処理を行っている。処理されたBPMデータは、EPICSレコードになっているが、これらは各データ収集システムの時刻を基にしたタイムスタンプを保持している。本データ収集システムは、WindowsXPベースのオシロスコープであり、ネットワークタイムプロトコル(NTP)を用いた時刻同期、補正を行っているが、20ミリ秒間隔のビーム観測と比して精度が低く、同パルスのビームであっても、オシロスコープ毎にタイムスタンプが異なる可能性が高い。この問題を解決するために、EVGのイベントシステムからBPMシステムへ、タイムスタンプを同時に送信する方式を検討中である。

### 4.4 イベントシステム用IOC再起動時のパラメータ保持

現在のイベントシステムに於いては、システム再起動時、パラメータに初期値が設定される。パラメータはビーム調整などで頻繁に変更されるため、再起動後に自動的に直前の設定値が保持されない。定期的に全てのパラメータを保存しているが、1時間の頻度でしか行っておらず、この頻度を上げる或いは他の方式を採用するかを検討中である。

## 5. まとめ

入射器では、2006年より、3つの異なるリングへの同時入射を目的としたアップグレードを進めてきた。本アップグレードに於いて不可欠な高速タイミングシステムの導入及び多種多様なUIの開発を進めてきた。今年度より、KEKB電子/陽電子及びPFリングの3リングへの同時入射を実現している。今後は、更なるUIの改善を進め、イベントシステムの安定な運用を目指している。

## 参考文献

- [1] M. Satoh, et al., “高速ビームモード切り替えのためのKEK入射器アップグレード”, Proc. 31<sup>st</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, 2006.
- [2] K. Furukawa, et al., “KEKBとPFの3リング同時トップアップ運転のための広域・高速制御機構とビーム運転”, These proceedings.
- [3] S. Kusano, et al., “KEK Linac におけるイベントタイミングシステムの導入”, These proceedings.
- [4] M. Tanaka, et al., “KEKB加速器運転員のEPICS/PythonによるRapid Application Development”, Proc. 29<sup>th</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan, Funabashi, 2004.
- [5] M. Satoh, et al., “WindowsオシロスコープベースEPICS IOCを用いた高速BPMデータ収集システムの開発”, These proceedings.