

## Development of a Fast BPM DAQ System Using Windows Oscilloscope-based EPICS IOC

Masanori Satoh<sup>1#</sup>, Jian Wang<sup>2</sup>, Tsuyoshi Suwada<sup>1</sup>, Kazuro Furukawa<sup>1</sup>, Takuya Kudo<sup>3</sup>, Shiro Kusano<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Accelerator Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

<sup>2</sup>Univ. Sci. & Tech. China

Hefei 230026, China

<sup>3</sup>Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd.

2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045, Japan

### Abstract

The KEK Linac is a 600-m-long injector which injects the beams into four independent rings (KEKB e-/e+, PF, PF-AR). The non-destructive beam position monitor (BPM) is indispensable diagnostic tool for the long-term stable beam operation. In the KEK Linac, approximately one hundred BPMs with the four strip-line type electrodes are used for the beam orbit measurement. The orbit data is used for the orbit and energy feedback loops. In the current data acquisition (DAQ) system consists of the VME and the digital oscilloscope. The maximum DAQ rate is about 1-Hz which is limited by an oscilloscope performance. It is very difficult to keep the maintenance work of these oscilloscopes because they are the discontinued products. In addition, we have the Linac upgrade plan aiming a fast beam-mode switch, in which the fast beam position measurement is indispensable up to 50-Hz. From these reasons, we developed a new BPM DAQ system using a Windows-based fast digital oscilloscope. In this paper, the system description of the new DAQ system and the result of the performance test will be presented.

## WindowsオシロスコープベースEPICS-IOCを用いた高速BPM-DAQシステムの開発

### 1. はじめに

KEKの電子・陽電子入射器は、4つのリング(KEKB電子/陽電子、PF、PF-AR)へ、異なる品質(電荷量・エネルギーなど)のビームを供給している。PF及びPF-ARリングについては、通常1日1回及び2回の定時刻入射を行っている。一方、KEKBリングへは連続入射運転を行っており、電子/陽電子のビームモードを頻繁に切り替えることにより、24時間ビームを供給し続けている。このように、KEK入射器は、複数リングへのビーム供給を長期間安定に行うことが求められている。このため、約600-mの入射器には、約100台の非破壊型ビーム位置モニタ(BPM)<sup>[1]</sup>が設置されており、BPMの情報を基にしたビーム軌道・エネルギー安定化フィードバックを行っている<sup>[2]</sup>。

従来BPM DAQシステムは、VME計算機及びデジタルオシロスコープから構成されており、最大データ収集速度は約1-Hzである。しかしながら、これらのVME-CPU及びオシロスコープは、導入から10年以上が経過しているため、今後の維持管理が困難となっている。また、現在KEK入射器では、PF Top-up運転及びKEKB連続入射運転を両立させるためのアップグレード計画が進行中である<sup>[3][4][5]</sup>。本

アップグレードでは、最大50-Hz毎に入射器のビームモードを切り替えるため、高速なBPM DAQシステムが不可欠となる。

これらの理由より、高速デジタルオシロスコープを用いた新BPM DAQシステムの構築を行い、昨年夏期メンテナンス時に約半数を置き換え、安定に運用してきた。本年夏期メンテナンス中には、すべてのBPM DAQシステムを新システムへ移行する予定である。さらに将来的には、各オシロスコープをEPICS<sup>[7]</sup> IOCとして動作させることによる、高速かつ高安定なDAQシステム構築を計画している。本研究会では、新BPM DAQシステムの性能評価及びEPICS IOC試験の結果について詳細に報告する。

### 2. BPM DAQシステム

#### 2.1 従来システム

図1に、従来BPM DAQシステムの構成図を示す。また、図2に同システムの写真を示す。KEK入射器で使用しているBPMは、4電極ストリップライン型であり、BPM毎に4つのバイポーラ信号を処理する必要がある。BPMからのアナログ信号は、コンバイ

# E-mail: masanori.satoh@kek.jp

ナボックスへ入力され、適切なケーブルディレイ処理を行った後合成される。これにより、BPM DAQシステムに要するチャンネル数を低減させ、システムの高保守性を実現している。KEK入射器では、約20台のDAQシステムにより約100台のBPM信号処理を行っている。

コンバイナボックスからの出力信号波形は、デジタルオシロスコープ(Tektronix TDS-680B/C; 8-bits; 5-Gsa/s)によりデジタル化される。オシロスコープが捕捉する信号波形形状は、複数のバイポーラ信号から構成される。各バイポーラ信号は、オシロスコー

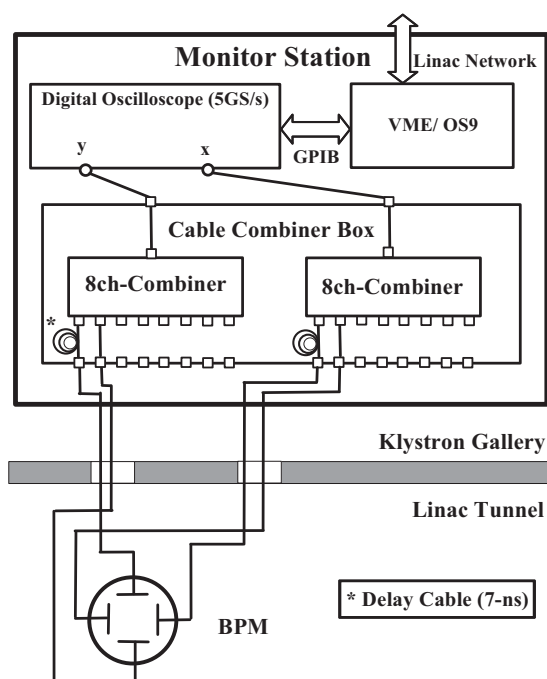


図1：従来BPM DAQシステム構成図

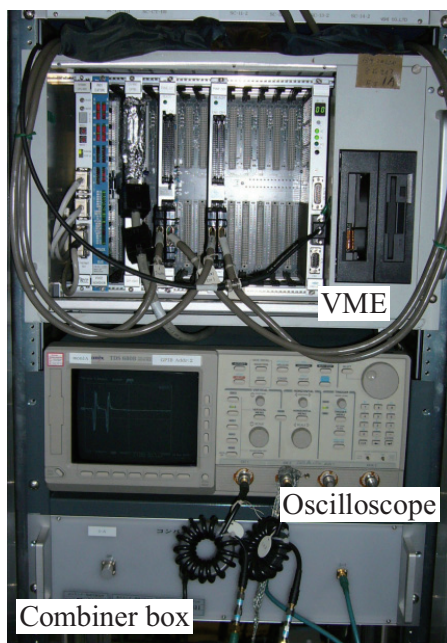


図2：従来BPM DAQシステムの写真

プの内挿機能により、10-GSa/s相当のデータ列として取り込まれる。本オシロスコープは、ネットワーク環境を持たないため、上位のVME計算機(OS-9; Force 68060/50-Hz)とは、GPIB経由のデータ転送を行う。

VME計算機では、各バイポーラ信号の振幅を算出した後、BPMマッピング情報及びケーブル損失係数を適用し、ビームの位置(水平・垂直方向)及びビーム電荷量を算出する。これらの情報は、上位のUNIXサーバ計算機へ送られた後、ビーム軌道・エネルギーフィードバックを始めとした数々のビーム運転ソフトウェアにて利用される。

## 2.2 新システム

新システムは、高速デジタルオシロスコープ(Tektronix DPO7104; 10-GSa/s, 4ch, 8-bits, WindowsXP-based (P4/ 3.4-GHz), Gigabit-Ethernet)を用いて構築した(図3)。本オシロスコープは、Windows OS上で動作するため、DAQ用ソフトウェアを同機上で実行することにより、追加の制御用計算機は不要となる。

新システム用ソフトウェアは、従来システム(VME/ OS9)において実績のある物を、Windowsへ移植して運用している。現在、KEK入射器では、新旧BPM DAQシステムの混在運用を行っているが、上位ソフトウェアからはシステムの差異を隠蔽し、シームレスな運用を行っている<sup>[6]</sup>。これらのソフトウェアは、Microsoft Visual Studio 2005/ C++(MSVSC++)及びTekVisaを用いて開発した。

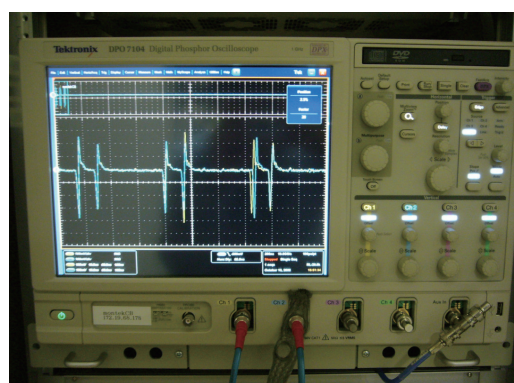


図3：新DAQシステム写真

## 3. 新DAQシステムの性能評価

### 3.1 MSVC++/ TekVisa

新DAQシステムを用いて、波形データ捕捉速度の評価を行った。評価用ソフトウェアは、MSVSC++及びTekVisaにより構築し、繰り返し波形捕捉を高速に行うためのcurvestreamコマンドを使用した。本測定では、オシロスコープの同時使用チャンネル数及び波形捕捉データ点数を独立に変化させた場合の処理速度を評価した。試験用ソフトウェアはオシロ

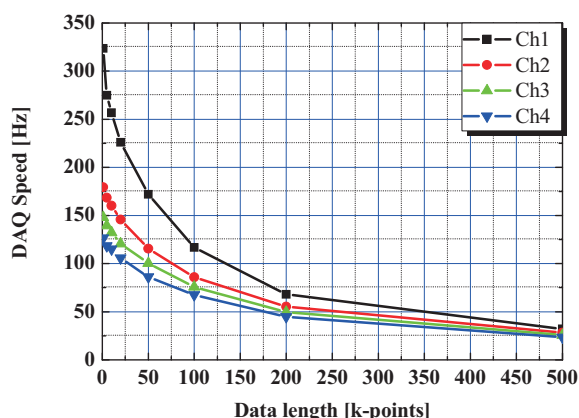


図4 : MSVC++/TekVisaによる DAQ速度

スコープ上で動作させ、オシロスコープのディスプレイ更新機能はオフとした。また、外部トリガ信号として、50-MHzの矩形信号を用いた。

図4は、本測定の結果を示しているが、これは、連続100回行った測定値の平均値をグラフ化したものである。現在運用しているBPM DAQソフトウェアでは、2チャンネル/20-kポイントの波形捕捉を行っている。図4より、これに対応するDAQ速度は約150-Hzであり、波形演算に要する処理時間を考慮しても、50-Hzでのデータ収集を行うには十分な性能である事を確認した。

### 3.2 EPICS IOC

KEK入射器の制御システムは、TCP/UDP通信及びRemote Procedure Call (RPC)を基本とした独自開発のソフトウェアライブラリ群により構築されている。一方、下流のリング加速器では、汎用性の高い制御ソフトウェア開発ツールであるEPICSを採用している。他のリングとの運転親和性を高めるため、KEK入射器ではEPICS gatewayを整備し、他加速器との情報共有環境を整備している<sup>[8]</sup>。これに伴い、EPICS環境下のソフトウェアツール群を、運転ソフトウェアとして積極的に使用している<sup>[9]</sup>。

上記の理由により、将来的には、BPM DAQソフト

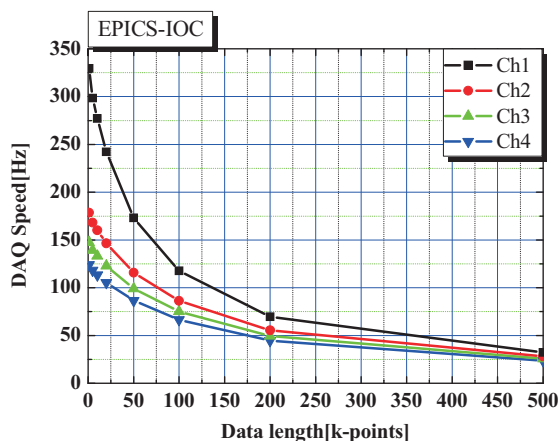


図5 : EPICS IOCによるDAQ速度

ウェアをEPICS IOCとして運用することを計画している。このため、前節の試験プログラムをEPICS IOC化し、性能評価を行った。本測定用ソフトウェアは、MSVSC++/ TekVisa及びEPICS R3.14.8.2ライブラリを用いて開発した。

図5に、EPICS IOCによる波形捕捉速度の結果を示す。図4及び図5の比較より、EPICS IOC化した場合の波形捕捉速度は、非IOCの場合と同等であり、50-HzでのDAQ速度を十分満足する事を確認した。

## 4. まとめと今後の課題

KEK入射器で進行中の同時ビーム入射(高速ビームモード切り替え)アップグレードにおいては、50-Hzでのビーム位置計測が不可欠となる。従来のBPM DAQシステムでは、波形捕捉速度が約1-Hzであるため、Windowsベース高速デジタルオシロスコープを用いた新BPM DAQシステムを開発した。新システムを用いて、波形捕捉速度の評価を行い、50-Hzでの計測が十分可能であることを確認した。さらに、EPICS IOCによる波形捕捉速度に関する評価も行い、満足な結果を得た。

今後は、運転用EPIC IOCの構築と平行して、複数DAQシステムを用いた完全同期ビーム位置計測のためのシステム開発を進める。これにより、ビーム位置及び他の機器パラメータ間の完全相関解析が可能となり、ビーム外乱要因の早期発見・解消に役立つ。これらの結果は、別途報告する予定である。

## 参考文献

- [1] T. Suwada, et al., "Stripline-type beam-position-monitor system for single-bunch electron/positron beams", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 440 (2000) pp.307-319.
- [2] K. Furukawa, et al., "BEAM FEEDBACK SYSTEMS AND BPM READ-OUT SYSTEM FOR THE TWO-BUNCH ACCELERATION AT THE KEKB LINAC", Proc. of ICALEPCS2001, San Jose, 27-30 Nov. 2001.
- [3] M. Satoh, et al., "The KEK Linac Upgrade for the Fast Beam Mode Switch", Proc. of EPAC 2006, Edinburgh, 26-30 June 2006.
- [4] N. Iida, et al., "NEW BEAM TRANSPORT LINE FROM LINAC TO PHOTON FACTORY IN KEK", Proc. of EPAC 2006, pp.1505-1507 (2006).
- [5] Y. Ohnishi, et al., "Design and Performance of Optics for Multi-Energy Injector Linac", Proc. of LINAC2006, pp.46-48 (2006).
- [6] T. Kudou, et al., "KEKB LinacのBPM DAQシステム", 本研究会論文集.
- [7] <http://www.aps.anl.gov/epics/>
- [8] K. Nakao and K. Furukawa, "Development of Gateway System Using EPICS for KEKB Injector Linac", 第1回加速器学会年会・第29回リニアック技術研究会 論文集, pp.486-488 (2004).
- [9] S. Kusano, et al., "KEK入射器におけるEPICS toolsを利用した制御システム", 本研究会論文集.