

# ELECTRON BEAM TIMING MONITOR SYSTEM AND FEEDBACK FOR KEKB e-/e+LINAC INJECTOR

M. Ikeda<sup>\*)</sup>, S. Ohsawa, K. Furukawa and A. Shirakawa

High Energy Accelerator Research Organization (KEK)  
Oho1-1, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0801 JAPAN

## Abstract

In order to increase positrons, the KEBK e-/e+ Linac is accelerating high-intensity electron beams of 10nC, which require high stability of each equipment. In the efforts to stabilize the beams, we started to monitor pulse timings concerning beams such as gun-grid pulses of 1ns pulse width and electron beam pulses of 1ns/10ps widths. The grid pulses are measured by means of a digital oscilloscope and the pulse timing is now being controlled within 50ps by a feedback system. The beam pulses from a wall current monitor at buncher exit gives us bunched beam information, which is measured by a sampling oscilloscope. We are also monitoring RF phases of sub harmonic bunchers with respect to a reference RF wave of 2856 MHz. The time fluctuations of these values can be seen on Web browsers.

## KEKB 入射部のビームタイミングモニターシステムとフィードバック

### 1. はじめに

KEK 電子陽電子加速器では、B ファクトリー実験のために、3.5GeV 陽電子ビームと 8 GeV 電子ビームを KEBK リングに供給している<sup>[1]</sup>。B ファクトリー実験用ビームは、電子銃から発生したパルス幅 1ns のビームをパルス幅 10ps の単バンチに集群して得られたものである。電子銃ビームのタイミングによって、バンチャー系で形成されるバンチの形状が変化する。大電流の単バンチの場合はバンチ形状によってエネルギー分布の変化する割合が大きいので、特にタイミングの安定度が重要となる。そこで B ファクトリー実験用電子銃ビームの時間変動をモニターするために構築したのが当システムである。これは現在ではフィードバックにも使用されており、電子銃グリッドパルサーのタイミングを安定化するために役立っている。本システムの構成と測定データ及びフィードバックについて報告する。

### 2. 概要

電子銃ビームは、グリッド・カソード間にパルス電圧を印加した時に陰極から発生する電子を - 200KV

の高電圧により加速したものである。したがってこのグリッドパルスのタイミングに電子銃ビームのタイミングが直接依存している。電子ビームの安定度は、このグリッドパルサーの出力パルスの安定度に左右されるので、これを安定化することが重要である。今回報告するタイミングモニターシステムでは、グリッドパルス及び WC (壁電流) ビームモニタによるビームパルスのタイミング変化や信号の波高値変化などを常時モニタしている。これらの信号をオシロスコープで測定し、計測制御ソフトを使用してデータ処理を行っている。また、SHB 1 / SHB2 (サブ・ハーモニック・バンチャー) の RF 信号 (119MHz/571MHz) とバンチャーの RF 信号 (2856MHz) のタイミング差 (位相差) および電子銃室温も測定している。図 1 にこのシステムの構成を示す。これらのデータを PC 上の画面で時刻毎に読み取りその時間変化を表示する。この表示画面は LAN 上の Web ブラウザでどこからでも見ることができる。リニアックの運転員はこれを見て電子銃や SHB の状況を判断できるようになっている。フィードバックは、グリッドパルサーのタイミングの変化を測定して常に一定になるようにグリッドパルサーのトリガーのディレーをコントロールしている。

<sup>\*)</sup> M. Ikeda, 0298-64-1171 mitsuo.ikeda@kek.jp

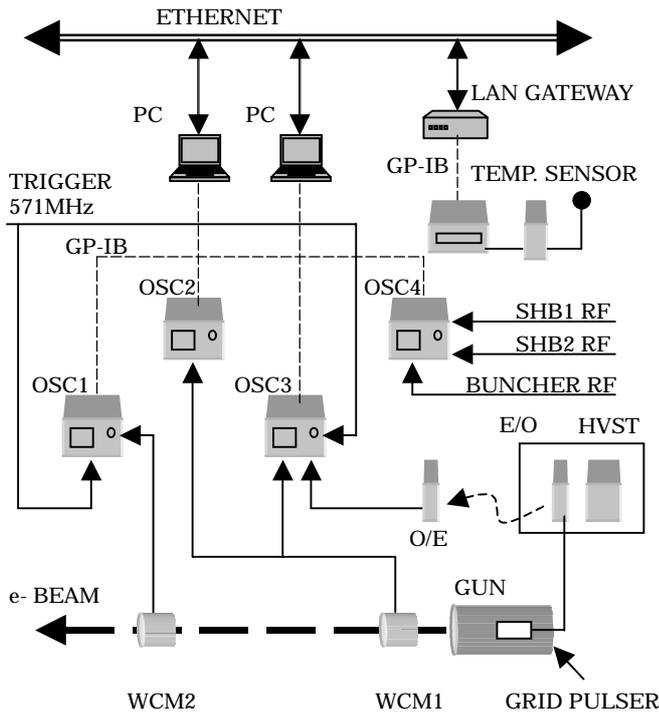


図 1 ビームタイミングモニターシステムの構成

### 3. 測定結果

計測制御ソフトによる測定結果の表示画面を図2～図5に示した。その他にパルス信号電圧や、パルス幅、最大ジッター、データヒット数、繰り返し周波数なども測定している。

#### 3.1 電子銃グリッドパルサー出力のタイミングフィードバック

電子銃グリッドパルサーは高電圧部にあるのでモニター出力信号をE/O、O/Eにより変換して、オシロスコープ(OSC3:TDS684A)にて基準トリガー信号(571MHz)に対する遅延時間を測定している。図2の上側半分が大電流ビーム(10nC)の運転状態を示しており、下側が小電流ビーム(1nC)を表している。実測定値からの変化を100ps/divで表わしている。他に電子銃直後のビームタイミング、パルス波高値、パルス幅も同時に測定しており、別画面を選択すればこれらを見ることも出来る。

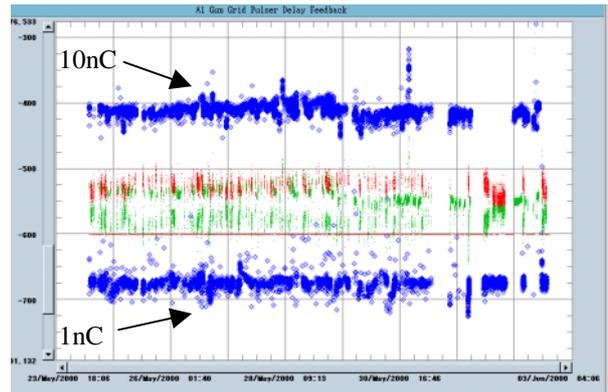


図 2 グリッドパルサーと電子銃ビームのタイミング測定画面 (x軸:測定日時 5/24 9:51~6/2 17:13、y軸:タイミング変動を100ps/divで表示)

#### 3.2 バンチャー直後のビームタイミング

バンチャー直後にあるWCモニター(WCM2)からのビーム信号をサンプリング・オシロスコープ(OSC1:HP54750A)でこのタイミングを測定している。データの蓄積時間を約2分間として更新させて、その変化をプロットした(図3)。大電流ビーム(10nC)の運転状態を表示している。途中で変化しているのは、保守作業後のビーム調整を行ったためである。

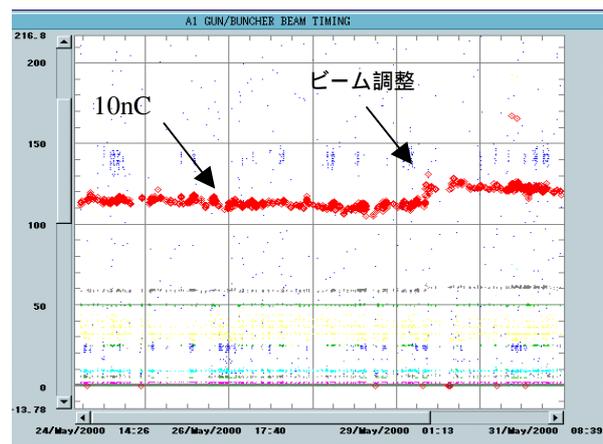


図 3 バンチャー出口のビームタイミング測定画面 (x軸:測定日時 5/24 14:26~5/31 8:39、y軸:タイミング変動を50ps/divで表示)

### 3.3 バンチャーRF に対する SHB1/SHB2 の位相変動 (OSC4:HP54750A)

バンチャー出口の RF(2856MHz) に対して SHB1/SHB2 の RF の位相差を測定している(図 4)。

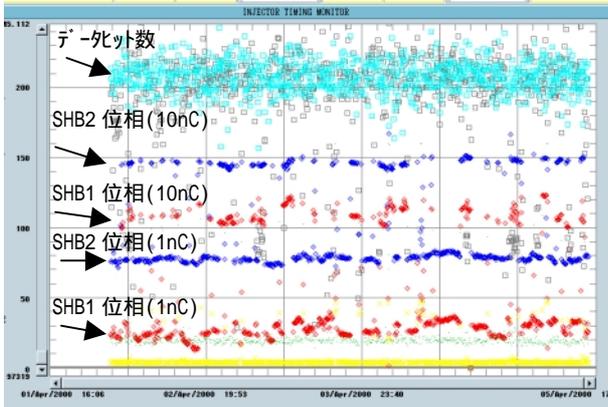


図 4 バンチャーRF と SHB1/SHB2 信号のタイミング測定画面  
(x 軸: 測定日時 4/2 1:49 ~ 4/5 16:19、  
y 軸: タイミング変動を 50ps/div で表示)

### 3.4 電子銃室内の温度

(HP3478A)

応答素子が温度によって変化するため電子銃室内の温度を安定化することも重要である。ON/OFF 制御の室内空調を補助するために独自に補助熱源を与えて簡便なコントロールを行っていて 1 日最大 0.6 程度の温度変化に抑えている。電子銃室の中央付近約 1.8m の高さに测温抵抗体温度センサー (Pt100) を設置し変換器を使用して電圧値として測定している。

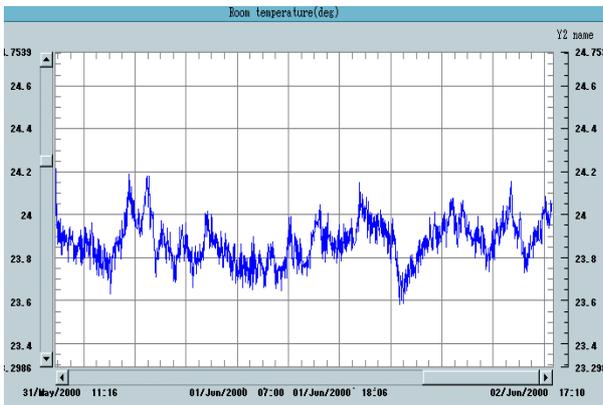


図 5 電子銃室内温度測定画面

(x 軸: 測定日時 5/31 11:16 ~ 6/2 17:10、  
y 軸: 0.2 /div、1 分間隔で測定)

### 4. グリッドパルサービームのタイミングフィードバック

フィードバックの構成は、概念的には図 6 のようになっている。電子銃グリッドパルサーのモニター出力信号をオシロスコープに送り、計測制御ソフトによりタイミングを測定してから、制御系のホストコンピュータにデータを渡している。そのデータからフィードバックプログラムがタイミング修正を行い、電子銃高圧ステーション制御プログラムにホストコンピュータからタイミング修正データを送る。高圧ステーション制御プログラムは受け取った修正データに基づき、グリッドパルサーのファインディレーをコントロールする。この様にしてパルサーの出力タイミングの閉ループ制御を行ない、安定したビームタイミングを実現している。

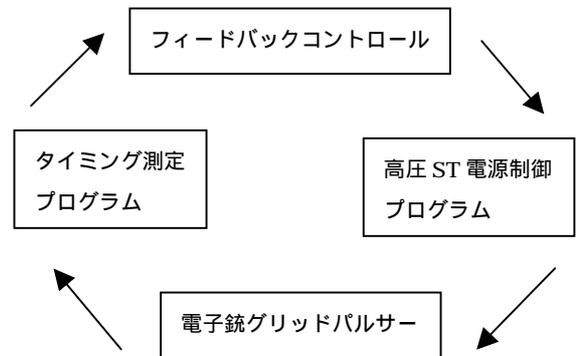


図 6 フィードバックの概念図

### 5. まとめ

大電流単バンチビームを安定に加速するには、入射部の各機器に許される許容量が極めて小さい。従って、このビームを維持するには、高精度の計測とその結果をフィードバックするシステムが必要である。本システムにより電子銃グリッドパルサーのタイミングを長期安定に保つことに成功した。この結果は 10nC ビームの安定した加速につながりひいては陽電子のビーム強度の増大となって現れている。

### 謝辞

プログラム開発に際し片桐広明氏、鈴木善尋氏に適切な助言をいただきました。また LCG の方々、中原前主幹、榎本主幹にご指導いただきました。ここに深く感謝いたします。

### 参考文献

[1] “放射光入射器増強計画 - KEKB に向けて”、  
KEK-Report 95-18、1996。