

## BEAM POSITION MONITOR OF KEKB INJECTOR LINAC

H. Kobayashi, K. Furukawa, T. Suwada, S. Kusano\* and T. Obata\*

KEK, High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305, Japan

\*Mitsubishi Electric System &amp; Service Engineering Co, Ltd.

2-8-8 Umezono, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305, Japan

In KEKB project, non-destructive beam position monitors (BPM) are indispensable in order to provide stable and high-quality beams. Especially it is important to suppress transverse wake fields in the accelerating structure because of its high current beams.

During the summer shutdown in 1996, about twenty strip-line type BPMs were installed in the first two sectors. Digital oscilloscopes (Tektronix TDS680B: two input channels) were used to observe the output signals of BPMs. In order to read signals with limited oscilloscope channels, we summed up several signals with rf combiners. The length of the cables from the monitors to monitoring stations was carefully arranged to be equal, and appropriate delay cables were added for vertical position signals. Output signals from four BPMs were thus summed up and measured with one oscilloscope.

Internal functions on oscilloscopes were used to average signals and to measure peak-to-peak pulse height values. VME computers at each station took data through GPIB and transferred calibrated positions to Unix servers. A visualization tool was made with software called tcl/tk to display positions and beam currents. This system helped beam studies during this period. It was found that this system gave reliable beam currents, as well as beam positions, compared to wall current monitors, which show position dependency.

## KEKB入射器ビーム位置モニタ

## 1. はじめに

KEKBでは、大電流ビーム加速に伴う横ウエーク場発生防止や、より効率的なビーム加速を目指して多くのビーム位置モニタを挿入した。原則的には各々のQマグネットに対応して位置モニタが設置されている。

さて、このビーム位置モニタの読み出しは、当面オシロスコープで行うことにした。当初は、各ビーム位置モニタに対応して個別に検出回路を設置する予定であったが、コストやマンパワーを総合的に考慮し、このように決定した。

1996年12月の運転時にビーム位置モニタの信号をオシロスコープによって計測し、ビーム

位置測定を行ったのでその結果について報告する。

## 2. ビーム位置モニタ・配線

ビーム位置モニタはその設置位置によりいくつかの種類を用意している。主としてビームに対する有効径の違いである。ビームの偏向部やビーム径が比較的大きい入射部ではアパーチャーの大きいものを用いるが、今回は図-1に示す標準的なものを用いた。この電極から検出部(オシロスコープ)までの配線の長さは全ビーム位置モニタで一定となるようにした。こうすることで信号の到達時刻を正確に知ることができること、ならびに波高値が基本的にビーム電流に比例することになり、簡便な電流モニタとしての役割を果たすことにな

る。

### 3. ビーム位置モニタの設置

加速器の基本単位である1ユニットは約10メートルであり、1セクタは8ユニットで構成されるので約80メートルである。オシロスコープ等のおかれるモニタステーションは、半セクタつまり約40メートル毎に1式の割合で設置される。先に述べた信号ケーブルの長さを等しくするために、モニタステーションはほぼその中央部に設置する。標準的には、1ユニット10メートルおきにビーム位置モニタが設置されている。しかしKEKBではアーク部や、加速器のほぼ中央部の陽電子ターゲットの直後等では、標準の間隔より大幅に短い間隔でビーム位置モニタを設置してある。

### 4. 信号の測定

ビームが10メートル走るには約30ナノ秒要する。現在設置されているオシロスコープは2チャンネルのものである。このため4電極からの信号を見るためには、各ビーム位置モニタの電極の、例えば垂直(Y)方向の信号を遅らせて信号を観測することにした。遅らせる最小時間は、一つの信号が終了する時間である、最小時間間隔を今回は15ナノ秒に設定した。このようにして時間間隔が設定された信号は、シグナル合成器(コンバイナ)を用いて重ね合わされ、時間的につなぎ合わされた信号として観測される。

図-2に示す信号では、オシロスコープの1チャンネルの最初の信号が、水平(X)軸の右側電極の信号を、2番目の信号がY軸の上方電極の信号を示している。3番目の信号は、次のビーム位置モニタのX軸の同信号で4番目はそのY軸の同信号である。

今回は一つのオシロスコープで最大4個のビーム位置モニタの計測を行ったので1チャンネルに8個の信号が入力される。

### 5. 校正

各ビーム位置モニタについて、テストベンチ上でビーム位置と各電極の出力のマップをとってある。また、各ケーブルについてもその減衰量を計測してある。したがってここではコンバイナとオシロスコープのチャンネル間の利得の違いを計測しなければならない。今回の試験ではオシロスコープについては校正を行わずに用いた。コンバイナの校正は、非常に速いパルスを発生できるパルスジェネレータ(HP8131A)とオシロスコープを用いて行った。コンバイナのチャンネルによる違いは最大1.3%であった。一番大きな誤差を生じるコンポーネントは、コンバイナのあとに挿入した減衰器であったが、これも多くの減衰器から近い減衰量のものを組み合わせて最大でも2%の誤差で信号値を計測できた。

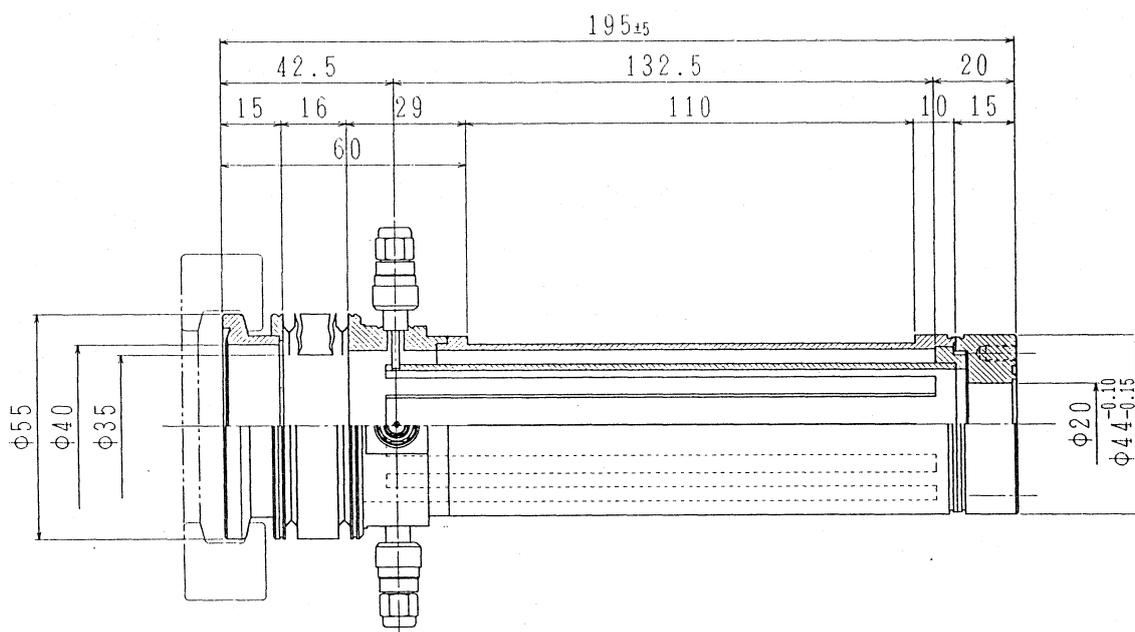


図-1. ビーム位置モニタ電極

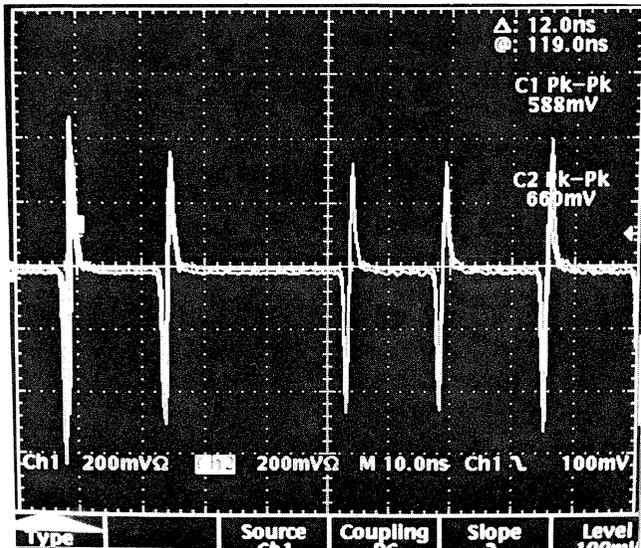


図-2. コンバイナによって時間的に接続されたビーム位置モニタの出力信号

### 6. 測定結果

オシロスコープの読み込み点数は多く、画面からはみ出した部分の波形についても計測可能である。電極の一つ一つの信号に対応して測定範囲を決め、その間の最大と最小を計測して信号強度とした。最終的にはマッピングで得られている1次の項のみを用いてビーム位置を算出した。今回の主として試験のみを目的とした用途にはこれでも十分であると判断した。

積算等の信号処理は今回はオシロスコープの機能を使用した。データはGPIBを通してVME計算機に取り込みビームの位置を計算し、表示した。また4電極の和をビーム電流として表示したが、こ

れはビーム位置の依存性が少なく、安定したビーム電流モニタとして動作した。モニタ画面には全ビーム位置(X,Y)と4電極の信号の和を電流モニタとして表示した。この画面の一部を図-3に示す。

### 7. まとめと課題

前述のように今回は信号間の最短時間を15ナノ秒としたが、加速器には非常に密にビーム位置モニタの設置されたユニットがある。この方式での可能なビーム位置モニタの設置間隔を5メートル(15ナノ秒)とし、遅延時間を7.5ナノ秒にすれば信号のちょうど中央部に今回の例で言えばY電極の信号が観測される。このようなケーブルをボックス内に収めた遅延ユニットを準備中である。この時間ではわずかに信号のすそが残っているが、信号のピーク間の電圧を計測するので、わずかな信号のすその部分が計測精度に与える影響は少ないと判断した。

さて信号の計測方法についてももう一度考える。今回は一つのBPMの、X軸、Y軸のそれぞれ2つの信号を別々のチャンネルで計測した。しかし、オシロスコープのチャンネル間の利得の違いやその経時変化があるとすれば、むしろX軸の一つの電極の信号を遅らせて、一つのチャンネルをX軸専用とし、他の一つをY軸専用とするほうが良いかもしれない。BPMの校正値を見ると高次の項の係数は小さい。したがってX軸のビーム位置計測にはX軸の2つの電極からの出力を精度良く計ることが重要となる。つまりオシロスコープのチャンネル間に存在する利得の違いから来る誤差を、X軸の2信号の間に入れないようにすることを検討している。

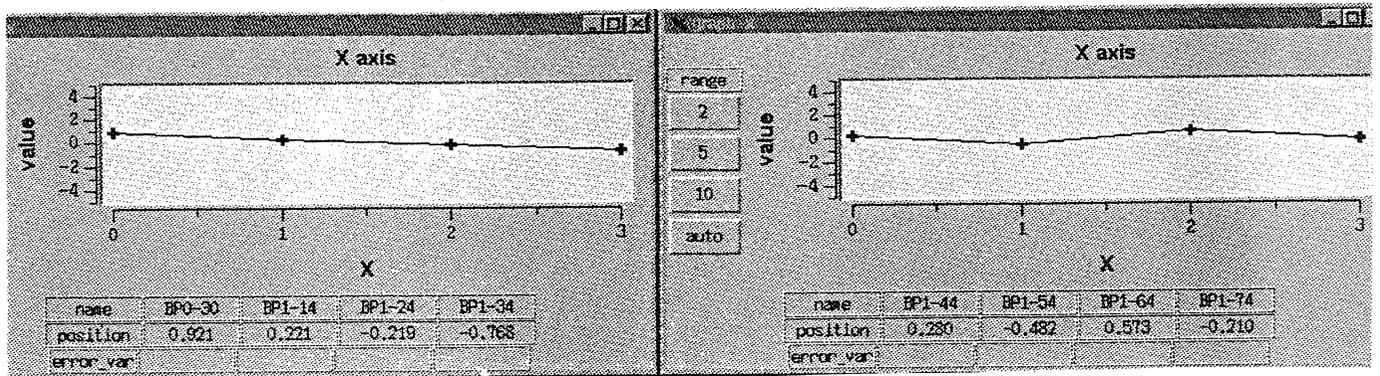


図-3. ビーム位置測定画面の一部