

DEVELOPMENT OF BEAM POSITION MONITOR MEASUREMENT SYSTEM

Ken'ichiro Ishiwata^{1,A)}, Isamu Sato^{B)}, Ken Hayakawa^{C)}, Toshinari Tanaka^{C)}, Yasushi Hayakawa^{C)},
Takeshi Sakai^{B)}, Kyoko Nogami^{C)}, Keisuke Nakao^{D)}, Tsuyoshi Suwada^{E)}

^{A)} Department of Physics, College of Humanities and Sciences, Nihon University
3-25-40 Sakurajosui, Setagaya-ku, Tokyo 156-8550

^{B)} Advanced Research Institute for the Sciences and Humanities (ARISH), Nihon University
7-24-1 Narashinodai, Funabashi, Chiba, 274-8501

^{C)} Institute of Quantum Science, Nihon University
7-24-1 Narashinodai, Funabashi, Chiba, 274-8501

^{D)} Graduate School of Science and Technology, Nihon University
7-24-1 Narashinodai, Funabashi, Chiba, 274-8501

^{E)} High Energy Accelerator Research Organization, KEK
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

Abstract

Ten BPMs were added into the beam line at LEBRA, and the total number of BPMs becomes 13 (six BPMs are in an accelerator straight line, four BPMs are in FEL beam line, three BPMs are in PXR beam line). A signal from each electrode of BPM is inputted into a RF detector through RF coaxial cable. The detected voltage is measured by means of the AD conversion board on PC. The beam position is derived from the voltage digitized data by a PC. It is reported about this signal acquisition system.

ビーム位置計測システムの開発

1. はじめに

日本大学量子科学研究所電子線利用研究施設(LEBRA)では、高エネルギー加速器研究機構(KEK)との共同研究により、電子線形加速器の高度化とその高度利用に関する開発が進められている。その中の1つとして自動制御システムがある。電子ビームの位置、エネルギー、ビーム電流の変動を制御する制御システムを構築してビーム軌道の長時間安定を試みる。全ビームラインにおいて電子ビームの位置および軌道を知るために、2003年までにストリップライン型ビーム位置モニター(BPM)をリニアック直線部分とFELビームラインに計9台導入し、PXRビームラインの立ち上げのために2004年4月に4台追加し合計で13台になった^[1,2]。増幅回路やADCによるデータ取得システムの構築により、ビームライン上の各位置での電子ビーム位置を同時にモニターすることが可能となった。このシステムについて報告する。

2. ビーム位置計測システム

ビーム軌道の調整を容易にし、自動調整を可能にするために、電子ビームの繰り返し2Hzで、リニアック直線部およびFELビームラインに設置された

10台のBPMの全パルスのビーム位置を記録・表示を行うシステムが必要となる。リニアック直線部に設置した6台のBPMでは、検波電圧の波形は図1に示すように、20 μ sのパルス内における変動がなく安定して、ビーム位置の変動は見られないので、ビーム位置の検出はパルス内の1点で行えば十分である。FELビームラインのBPMはパルス内において変動があるがこのシステムでは1点で測定することにした。

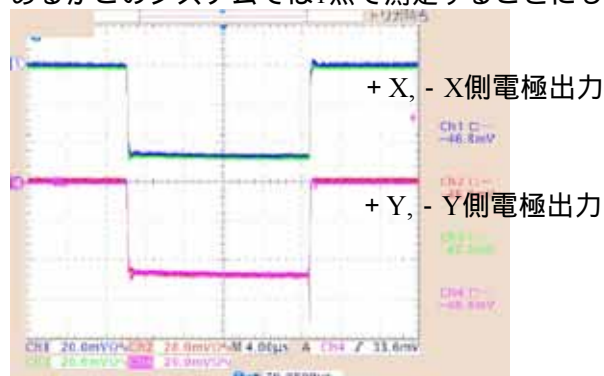


図1. リニアック直線部に設置されたBPMの検波電圧の波形例。水平方向、垂直方向とも対向電極で検波電圧がほぼ等しいため波形が重なっている。またパルス内で検波電圧は一定である。

¹ E-mail: ishiwata@phys.chs.nihon-u.ac.jp

2.1 ビーム位置の計測システムの回路とPCへの取り込み

ビーム位置モニターシステムの概念図を図2に示す。BPMの各電極からの信号はRG-55/UもしくはRG-9B/U高周波同軸ケーブルを用いて、検波器に入力される。検波器で検波された信号は高速オペアンプ(National Semiconductor製, LM6364N)に入力され20倍に反転増幅される。この信号をビームパルス幅20 μ sの中心部でサンプル/ホールド(National Semiconductor製, LF398N)を行う。10台のBPM $\times$ 4電極のサンプル/ホールドされた電圧はPCIバスに接続されたインタフェース社の12ビットAD変換ボードPCI-3177CをもちいてPCに取り込む。このようにPCに取り込まれた電圧をRF電力に換算しビーム位置を計算し、記録・表示するシステムを製作した。

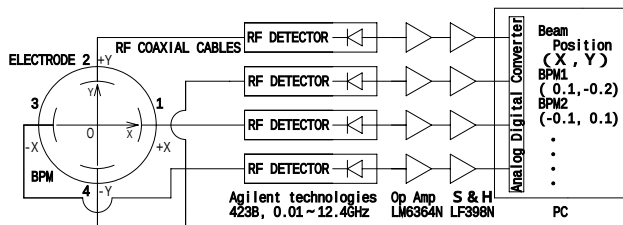


図2．ビーム位置計測システムの概念図。

2.2 ビーム位置の計測システムのPC画面

このシステムのPC画面には各BPMの4つの電極の検波電圧とビーム位置をそれぞれ図3に示すように表示させた。画面左側はBPMの番号と設置場所を示した下に現在のビーム位置を青丸、ビーム位置の履歴を赤丸で表示される(半径5mmの円が描かれているが、ビームダクトではない)。また、この下に現在の検波電圧[単位: mV]が電極1,2,3,4の順に表示される(電極番号は図2中に示してある)。また画面右側は現在のビーム位置[単位: mm]が表示される。ただし4電極の検波電圧の1つでもが5mV以下になったときは、ビーム位置は表示されない。

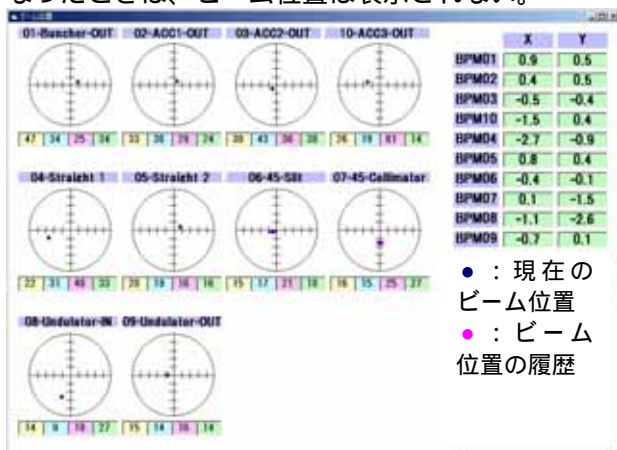


図3．ビーム位置の計測システムPC画面。

PC画面に各BPMの現在の4つの電極の検波電圧とビーム位置、及びビーム位置の履歴が表示される。

3．ビーム位置の計測

このシステムを用いてビーム位置を測定した例を図4に示す。リニアック直線部に設置した^[1]BPM1,2,3,10,4,5のビーム位置はビーム調整をした時を除き、顕著な変動は見られないが、FELビームラインの90°偏向系の45°偏向部に設置した^[1]BPM6,7の水平方向のビーム位置は+2mm $\sim$ -1mmの間で変動している。これは電子ビームのエネルギー変動によるものである。ただし、いたるところでノイズを測定している点が問題である。

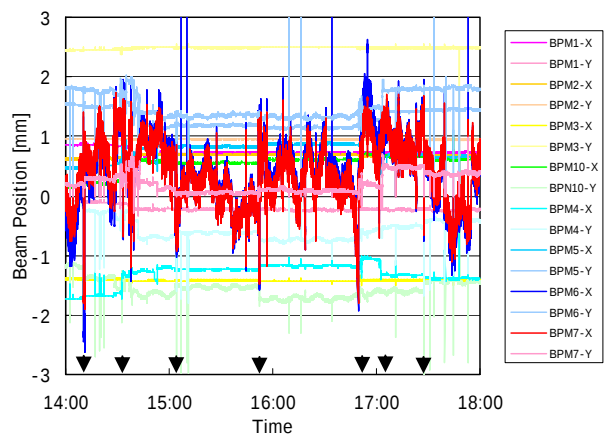


図4．ビーム位置の測定例。

横軸に時間、縦軸に各BPMの水平方向および垂直方向のビーム位置を示した。▼は電子ビームを顕著に調整した時間を示す。また、BPM6,7-X(水平方向)は電子ビームのエネルギー変動によりビーム位置が顕著に変動している。

4．まとめ

ビーム位置計測システムのPC画面には各BPMの4電極の検波電圧、現在のビーム位置、ビーム位置の履歴を表示させた。これにより、ビームが通過している全BPMのビーム位置がこのシステムにより、常時表示可能となり、ビーム軌道の調整が非常に容易になった。

この規模の電子線形加速器でこれだけの数のBPMを導入することは極めてまれであるが、複数のBPMで同時に測定することによって電子ビームのエネルギー変動がわかり、アクロマトなビーム調整を可能にすることができ、加速器の調整に非常に役に立っている。特にFELの発振調整には不可欠な装置となっている。

参考文献

- [1] K.Ishiwata, et al., “Development of Beam Position Measurement System at LEBRA” Proceedings of the 1st Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, (August 4 - 6, 2004, Funabashi Japan)
- [2] K.Ishiwata, et al., “Influence of Harmonics on the Output Signal of Beam Position Monitor Installed near the Slit” Proceedings of the 1st Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, (August 4 - 6, 2004, Funabashi Japan)