

Beam Profile Monitor for SCSS Prototype Accelerator

Shinobu Inoue^{1,A)}, Yoshihito Tanaka^{B)}, Toko Hirono^{A)}, Kazuhiko Tahara^{C)},
 Tetsuya Ishikawa^{B)}, Takahiro Matsuura^{D)}, Tsumoru Shintake^{B)}

^{A)} JASRI/SPring-8

1-1-1, Kouto, Sayo, Hyogo, 679-5198

^{B)} RIKEN/SPring-8

1-1-1, Kouto, Sayo, Hyogo, 679-5148

^{C)} University of Hyogo

3-2-1, Kouto, Kamigori, Hyogo, 678-1297

^{D)} Matsuura Denkosha Corporation

1-76 Futsukaichi, Nonoichi, Ishikawa, 921-8807

Abstract

We have developed a beam profile monitor system to estimate the electron beam size, position, intensity, and the stability in the SCSS prototype accelerator. Using this system, one can obtain the two dimensional beam profile with the parameters shot by shot (10pps) on demand and in operation. The monitor system consists of screens, CCD camera-lens assemblies, a PC for control and data acquisition, and the communication lines between them. The screens are made of alumina doped Cr²⁺ for fluorescence screens and gold-coated precision annealed Pyrex (first surface mirror) for optical transition radiation. Lens system with long working-distance is attached on a CCD camera which is radiation-shielded by lead blocks. The software was developed by using LabVIEW on a platform of PXI system. Optical fiber and RS485 cables were used for reliable communication between outside and inside of the accelerator tunnel. The monitor system contributed to the measurement of the beam size achieved in the accelerator.

SCSS 試験加速器におけるビームプロファイルモニタ

1. はじめに

SASE実現のための要素技術開発および実証を行うSCSS試験加速器において、ビームプロファイルの評価は最も重要な課題の一つである。ビームサイズ、位置、強度等のパラメータを、その安定性も含めて評価できるプロファイルモニタシステムを構築した。要所12箇所に設置された可動スクリーン上での発光強度分布をCCDカメラで撮影し、ショットごとの2次元強度プロファイルを表示・解析することができる。特にビームプロファイルの評価を稼働状態で行えるよう、重心位置や幅、強度等のパラメータを、データ取得しながら送信、保存できる機能を有する。本稿では今回開発したプロファイルモニタシステムの主な特徴を、ハードウェア構成、ソフトウェアに分けて紹介、その使用例を示す。

2. ハードウェア構成

ビームプロファイルモニタシステムは、主に、スクリーン(2.1)、レンズ、CCDカメラ(2.2)、これらを制御し、データ収集するコンピュータシステム(2.3)、および接続ケーブル系(2.4)で構成される。

図1はその構成概念図である。図のコンピュータシステムは加速器トンネルの外に設置されている。以下に項目別に示す。

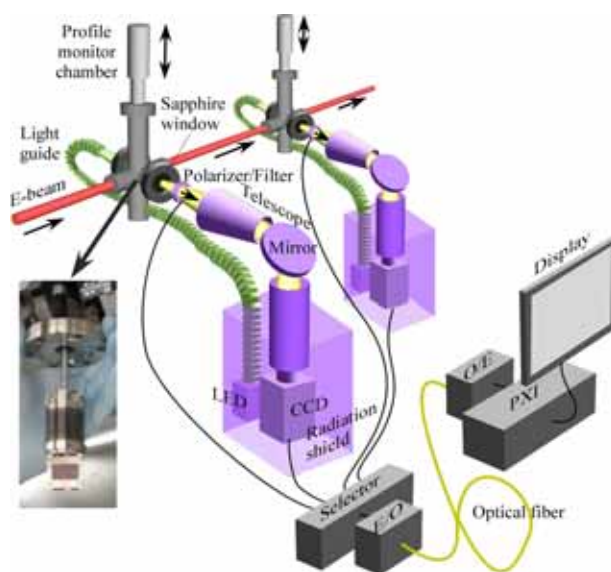


図1. プロファイルモニタシステム構成概略図

¹ E-mail: inoues@spring8.or.jp

2.1 スクリーン

スクリーンには、蛍光板としてアルミナ蛍光板(デマルケスト: 1 mm厚、0.1 mm厚)および、OTR (Optical Transition Radiation)用としてパイレックス基板上に金コートしたものを使用した。

スクリーンにはビームサイズ測定の較正のために、アルミナ蛍光板には穴を4つ、金コートされたパイレックス基板にはケガキを施した。スクリーンはビーム進行方向に対し斜め45度に設置されているため、アルミナ蛍光板の水平方向の穴ピッチを14.14mmとした。パイレックス基板はホルダーの関係で水平方向も10mmである。(図2)

これらのスクリーンは、エアシリンダ型直線導入機によりビーム軸へ挿入できるようになっている。

2.2 CCDカメラおよびレンズ

CCDカメラ及びレンズには、JAI: CV-A10CL(モノクロ46万画素、60 fps (full読み出しにて))とOPTEM:Zoom 70XLの手動ズームレンズの組合せ7台と、JAI:CV-M4+CL(モノクロ145万画素、フレームレート24 fps (同))とOPTEM:Zoom 70XLのステップモータ駆動ズームレンズの組合せ5台の2種類を、モニタ位置により使い分けた。

両レンズともミラーが内蔵されたL型のトランスファチューブを介してCCDカメラに接続されており、CCDカメラがビームライン面上の放射線による損傷を受けるのを防ぐ配置とした(図3)。CCDカメラの周りには、遮蔽用の鉛板(20mm厚)とSUS板(20mm厚)が設置されている(図3では遮蔽を取り除いた写真を示した)。

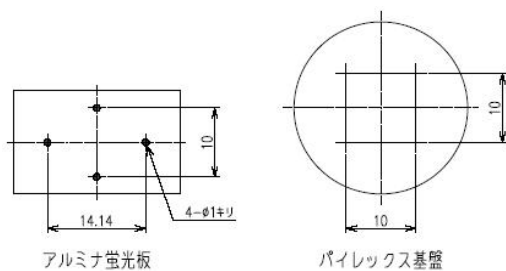


図2 . スクリーン形状



図3 . CCDカメラ及びレンズ配置

2.3 計算機

計算機は、National Instruments (NI) 製PXIシステムの、PXI-8196(2.0GHz Pentium M,2GB)をメインとし、PXI-1428(カメラリンク対応画像収録ボード)及びPXI-8420/2(2ポートRS-232Cインターフェースボード)にて構成した。(図4)



図4 . PXIシステム

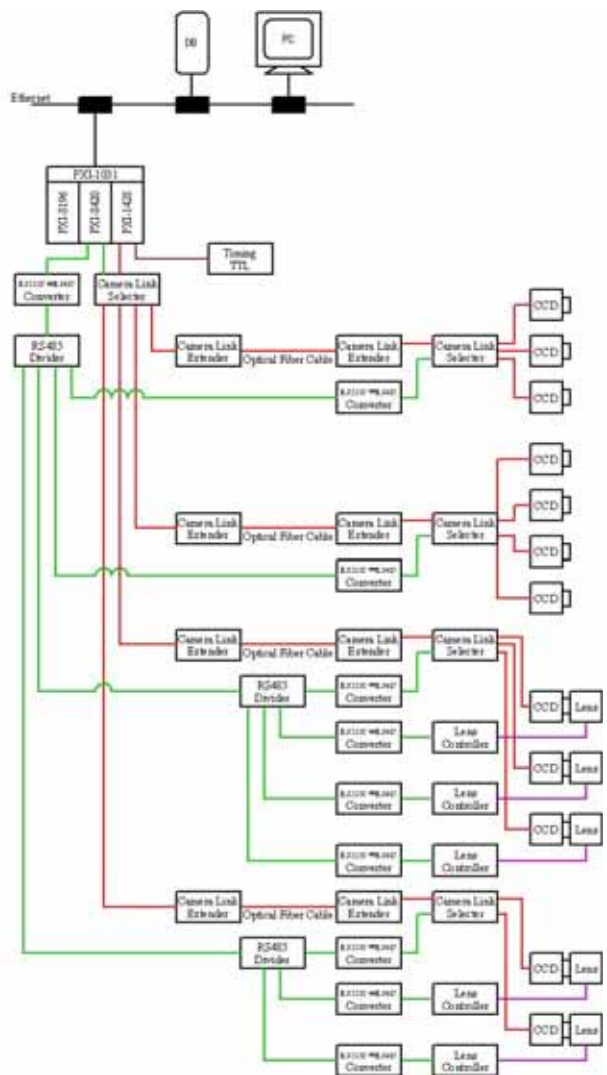


図5 . 配線図

2.4 PXIシステムとの接続

図5にPXIシステムからの配線図を示す。

PXIシステムとCCDカメラは、カメラリンクセレクタとカメラリンクエクステンダ(光ファイバ経由(長さ30-80 m))を介して接続されており、コントロールギャラリーにある1台のPXIシステムで12台のCCDカメラ1台ずつの制御が可能である。カメラリンクセレクタとレンズコントローラはRS-232Cで制御されるため、RS-232C RS-485変換器とRS-485分配器を用いて、通信間距離を延長した。

SCSSタイミングシステム^[1]から配布されるタイミングをPXIシステムに供給しており、トリガ同期した画像情報取得が可能である。

3. ソフトウェア

ソフトウェアはLabVIEW(NI)にて開発を行った。操作画面は、調整モード、データ取得モード、再生モードで構成される。

3.1 調整モード

調整モードの撮影停止状態でカメラの選択や露光時間・画素サイズ・カメラパラメータの設定を行う。次に撮影を開始し画像を見ながら閾値設定(ノイズを押えるため)・輝度値に対しての乗算設定を行う。背景差分を行う場合には、背景データの取得を行う。

また、リアルタイムで撮影画像から積分射影のガウシアンフィットを行っており、得られた全積分強度・中心座標・半値幅・最大強度の表示が可能である。得られた全積分強度・中心座標・半値幅はMADUCAシステム^[2]により2秒ごとにデータベースに収集されている。

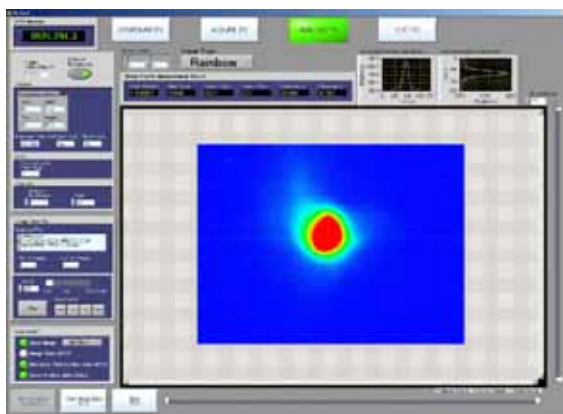


図6. 再生モードの一例

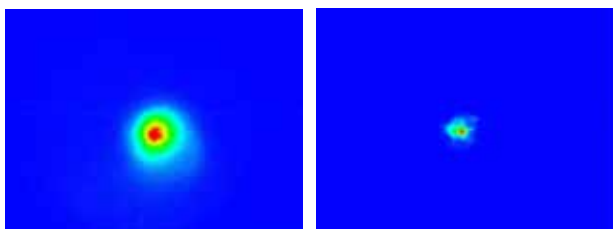


図7. アルミナ蛍光板(左)およびOTR(右)による
ビームプロファイル観測例

3.2 データ取得モード

調整モードでの設定条件で画像の収録を行う。収録はリアルタイムでハードディスクに画像データを保存しておらず、メモリに画像データを蓄え、取得終了後に画像データをハードディスクに保存する。この方法により、指定画像保存数に到達して収録を終える以外に、収録状態にしておき各他機器の調整を行った後、ボタン操作で最新の指定画像保存数分の画像データを保存させることが可能になっている。収録を行った全ての画像データは1つのファイルに保存される。つまり保存したファイルは、画像形式のファイルではない。こうすることで、画像データを保存したファイルに、カメラの番号と各パラメータも保存し、収録条件が確認可能である。

3.3 再生モード

保存されたデータを画像形式に変換・画像をASCIIに変換・積分射影・積分射影の結果(強度分布をガウシアンフィットし、全積分強度・中心座標・半値幅・最大強度)を保存することができる。図6は再生モード画面の一例である。

4. プロファイル観測例

アルミナ蛍光板を用いたスクリーンでは電子ビームプロファイル(図7左)が確認できた。ビーム調整が進むにつれて測定精度が要求され、Cバンド下流ではアルミナ蛍光板による像のにじみが無視できなくなり、金コート基板のスクリーンに交換、OTRによる電子ビームプロファイルを観測した(図7右)。ただし、この時点ではレンズ系の調整を遠隔で微調することができず、大きな口径をもつレンズに交換して観測を行った。

5. まとめ

SCSS試験加速器の各要所において電子ビームサイズ、位置、強度等のパラメータを、その安定性も含めて評価できるプロファイルモニタシステムを構築した。今後、カメラ位置微調機構等の改善や高度化を検討する予定である。

参考文献

- [1] 細田直康 “SCSS試験加速器のタイミングシステム”, 本研究会
- [2] 大端通 “SCSS試験加速器における制御システム”, 本研究会