

Image Processing of Beam Profiles by Using Shutter Camera

Toru UEDA, Toshiaki KOBAYASHI, Ryoichi HAJIMA, Yoichi YOSHIDA,
Hirotsada OHASHI and Hitoshi KOBAYASHI*
Nuclear Engineering Research Laboratory,
Faculty of Engineering, University of Tokyo,
*National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

A beam profile monitor system has been developed. The profile image produced on a ceramic plate by an electron beam is detected by a shutter camera which is synchronized with the beam, through a fiber scope cable. The signal from the shutter camera is treated by an image processor. The system has good reproducibility and linearity on the profile image.

シャッターカメラ方式によるビームプロファイルの画像処理

<序>

筆者等は、1987年のリニアック研究会にて『スクリーンモニターの画像処理によるビームプロファイルの計測』という題目で報告した。その時の計測方法としては普通のTVカメラを用いて計測したものであり、種々の問題点が明らかになった。今回はシャッターカメラと光ファイバースコープを組合せた計測方法を採用することにより、ライナックのパルスビームによる発光（画像としては動画に相当する）の強度変化に対して再現性及びリニアリティのあるビームプロファイル画像を定量化することに成功した。ここではシャッターカメラ方式の動作及びリニアリティの測定結果を報告するとともに、実際にライナックのビームプロファイルを測定した結果の一例を示す。

<シャッターカメラ画像処理システム>

シャッターカメラ及びビデオメモリと画像処理装置の構成をFig-1に示す。また、シャッターカメラの動作のタイミングチャートをFig-2に示す。動作は外部トリガ入力により、あらかじめ設定された時間だけシャッターが開き、その露光時間内での光量をシャッターカメラ内の半導体素子（CCD）に蓄積する。映像出力はシャッターが開くと同時にリセットされ、次のフレームで先程蓄積された光量を読みだし出力する。但し、この時の読みだしは1回のトリガにつき1フレームだけしか行わないので、この1フレームでの画像を記憶するのがビデオメモリーである。ビデオメモリーは記憶された1フレームの画像を繰り返し出力することができるため、ビデオメモリーからの信号は静止画像と同様になる。

<画像濃度の直線性の測定>

加速器ビームによるターゲットからの発光を模擬して、発光ダイオードをパルスジェネレータにより発光させてその光をシャッターカメラで測定する。発光強度の変化はパルス巾を変化させることにより行った。(Fig-3参照)ビデオメモリの出力信号を画像処理装置で処理し、その画像の水平方向濃度断面を出力する。Fig-4にはビデオメモリ出力信号の写真と処理された水平方向濃度断面を示す。画像濃度の直線性は、発光ダイオードの入力パルス巾と濃度断面図のピーク強度の関係で表す。その結果がFig-5であり、強度の小さいところでは多少問題は残るが全体的には十分満足な直線性が得られた。

<18MeVライナック短パルスビームのプロファイル測定>

(A) 18MeVライナックの構成とビームモニター

実験は、東大工・原施18MeVライナックを用いて行った。このライナックはツインライナック実験及びFEL実験等を目的に現在改修を行っている。入射部及び加速部の構成をFig-6、Fig-7に示す。電子銃はY796を使用し、サブハーモニック・バンチャー(SHB)と、今回新たに追加したダブルプレバンチャー(PB-1, PB-2)で入射部が構成され、加速管はバンチャー付進行波管である。ビーム集束系は、電子銃直後に磁気レンズ(ML-1, ML-2)があり、入射部から加速管出口までヘルムホルツコイルで構成している。ヘルムホルツコイルは電源で3分割され、入射部は1台で加速部は前半と後半でそれぞれ1台ずつに分かれている。加速管には、2組のステアリングコイルをつけている。加速管出口以降はQマグネットがあり、ビューウィンドウの位置にあるプロファイルモニターにビームを絞ることができる。ビームプロファイルモニターはデマルケスト社製のセラミックス(50mm x 50mm x 1mm厚)であり、約45°方向から光ファイバースコープで観察する。その像を約8m離れたところのシャッターカメラへの入力とする。光ファイバースコープはターゲットとカメラの距離を離すことができるためビームによる放射線ノイズの低減に効果がある。

(B) ビームプロファイルの測定

Fig-8には電流最大での最適パラメータから、パラメータの条件の1つである磁気レンズ(ML-2)を変化させた時のビームプロファイルの変化の一例を示す。ライナックのビーム条件はピーク電流約1Aパルス巾約2ns繰り返し6.25ppsで行った。測定方法は、最初にQマグネットによりビームを絞り込み、Qマグネットの中心をプロファイル上で求める。その後Qマグネットの磁場をなくした後のビームプロファイルの中心をステアリングコイルにてQマグネット中心に合わせる。その後、磁気レンズ(ML-2)のみを変化させた時の各画像をビデオに記録する。画像処理はビデオ信号を再生しながら、バックグランド処理及び濃度の最適化を行い、プリンターにて5段階の濃度分布にて出力する。Fig-8の出力結果は、上下左右の位置に見やすいように濃度の中心と思われるところに合わせてある。

<結果と考察>

今回シャッターカメラ方式によるビームプロファイル画像処理を採用することにより、Fig-8の一例にも見られるようにビーム集束パラメータがビームに対してどのような影響を与えるかということが詳細に定量化できた。このことは、今までTVカメラで目視するだけの情報に比べてより多くのビームの詳細な情報を得ることができる。今回もビーム軌道中心と、ヘルムホルツコイ

ルの磁場強度を変化させることにより、ビーム位置が大きく回転することがわかった。このことは、ブリリアンフローを理想的なビーム集束の目標としていることに対して大きな障害となる。今後は磁場とビーム軌道の軸の問題についても研究を進めていきたい。

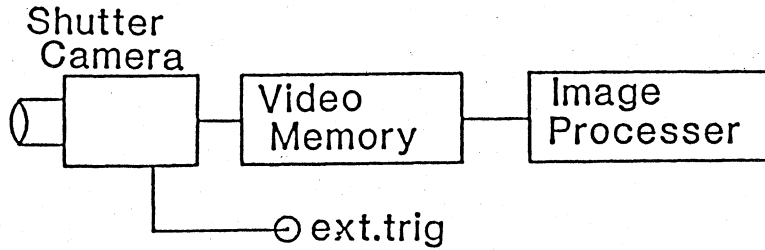


Fig-1 シャッターカメラ画像処理システム

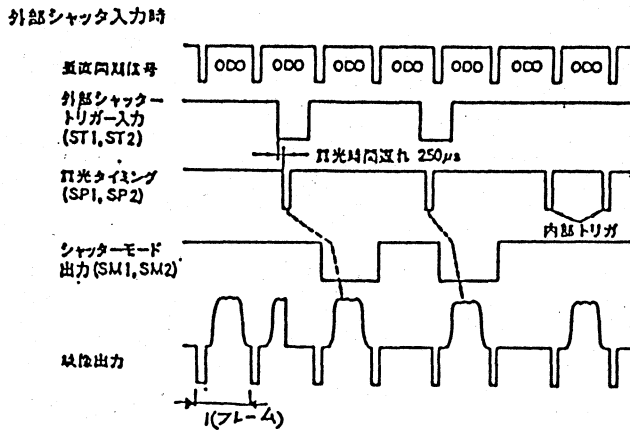


Fig-2 シャッターカメラ動作タイミングチャート

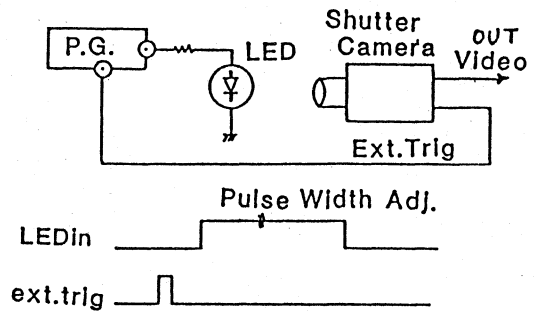


Fig-3 濃度の直線性の測定方法

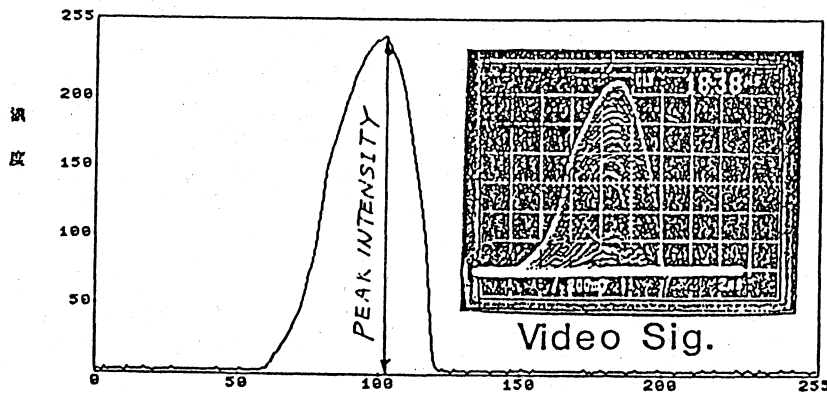


Fig-4 ビデオ信号及び画像水平方向濃度断面

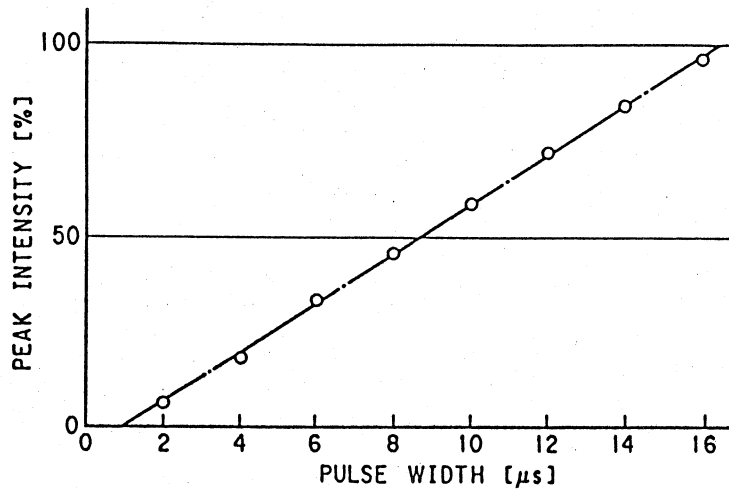


Fig-5 画像濃度の直線性

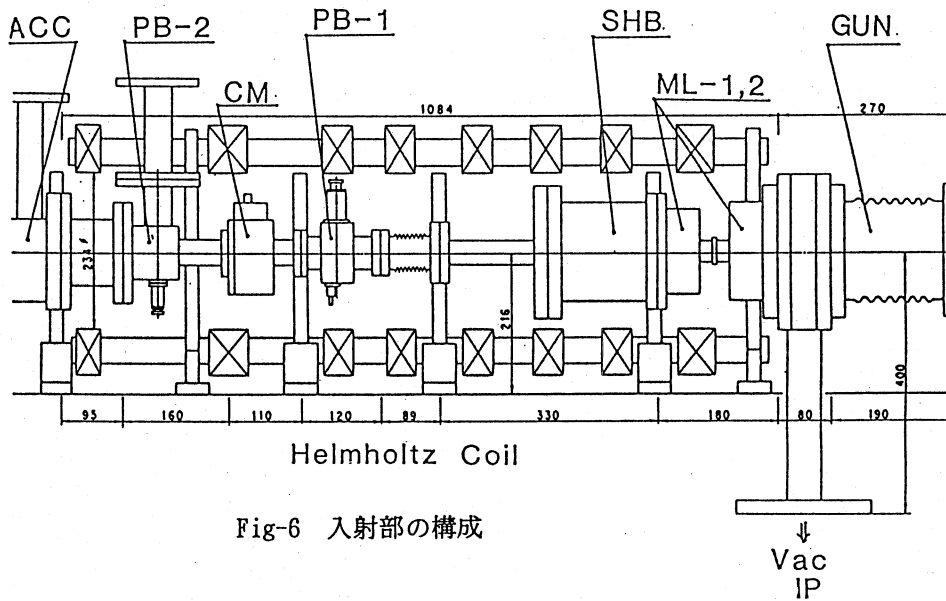


Fig-6 入射部の構成

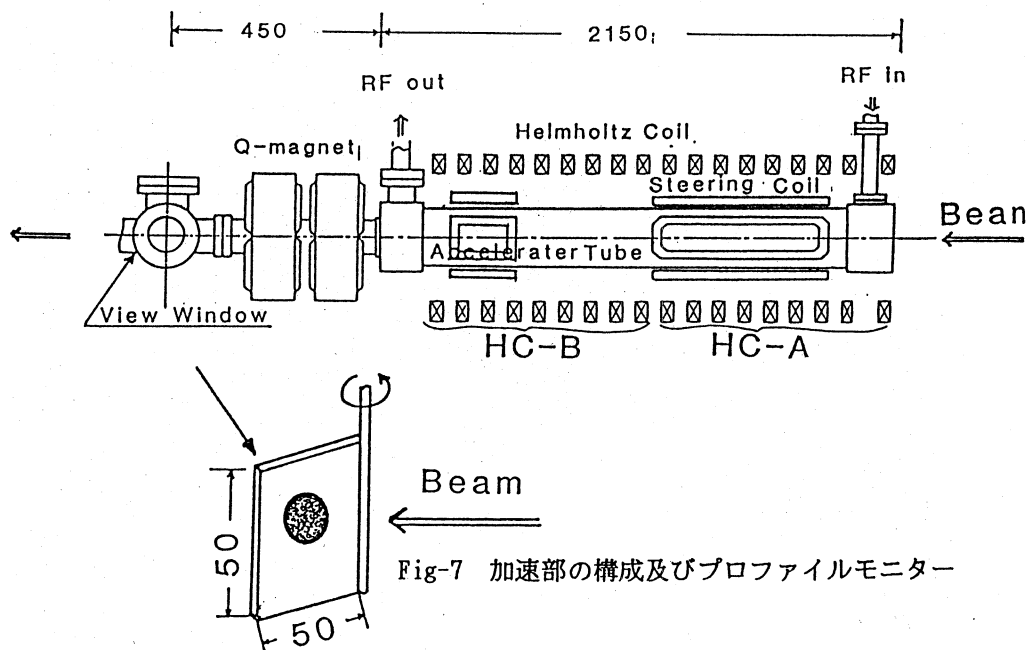


Fig-7 加速部の構成及びプロフィールモニター

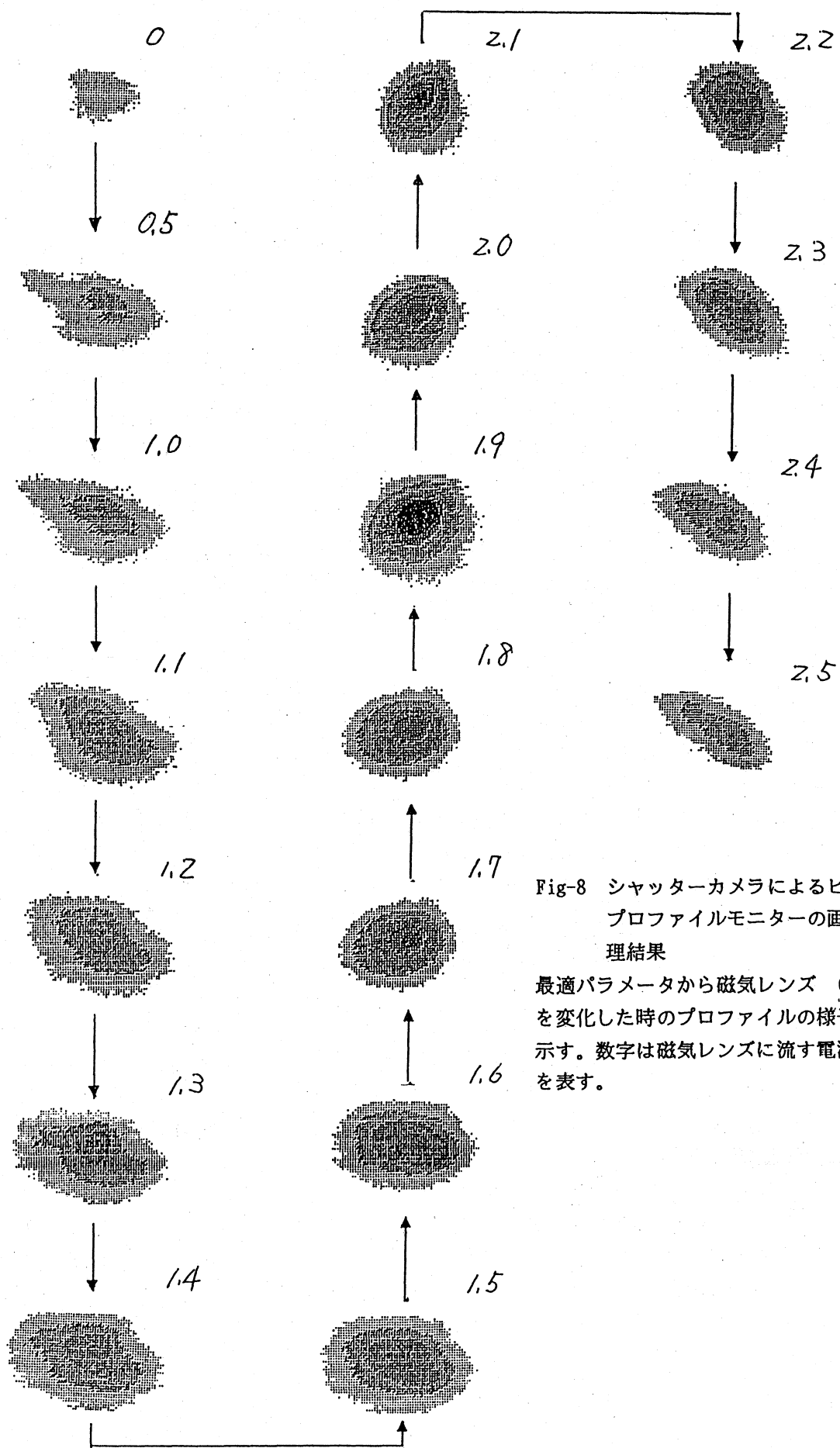


Fig-8 シャッターカメラによるビーム
 プロファイルモニターの画像処
 理結果

最適パラメータから磁気レンズ (ML-2)
 を変化した時のプロファイルの様子を
 示す。数字は磁気レンズに流す電流(A)
 を表す。