

[P8-42]

## MEASUREMENT OF BEAM PROFILE BY THE IMAGE PROCESSING TECHNIQUE

Y.Shibasaki, M.Nanao, M.Mutoh, O.Konno, F.Hinode, M.Oyamada, and T.Tamae

Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University  
1-2-1 Mikamine, Taihaku-ku, Sendai 982 Japan

### Abstract

An image processing system has been developed to measure the beam size along the beam transfer lines of the Stretcher-Booster Ring (STB) in Tohoku University. The beam emittance and Twiss parameters were obtained from beam profiles on screen monitors. Such information has been successfully used to adjust the current of quadrupole magnets in the injection line.

### 画像処理によるビームプロファイル測定

#### 1、はじめに

核理研では、ストレッチャー・ブースタリング (STBリング) の建設にともない、ライナックからリングへの入射、パルスビームを使用する実験系そしてSTBリングから出力される連続電子線を導くためのビームトランスポート系を整備した。トランスポート系のビーム調整には、ビーム軌道上へ挿入したスクリーンをカメラによって観測するスクリーンモニタを設置した。スクリーンモニタからの情報はビームの位置とかたち、強度が直接人間によって観測できるため加速器の運転調整に手軽に利用されている。しかし、加速器の制御が人の操作からコンピュータによる自動化を目指しているなかで、モニタからの情報は、コンピュータによって処理できることが必要となる。また、STBリングへの入射には、入射点でのツイスパラメータをあわせることが重要である。そのため、入射路のビーム調整は、それぞれの地点でのビーム形状を測定し、Qマグネットの磁場を計算によって設定しなければならない。従来その作業は、モニタTVに映し出された映像を直接測定して得ていたが、測定者により誤差が生じやすく、また時間がかかりすぎるためオンラインで処理することが求められた。また将来的には、自動で測定からマグネット類の磁場の設定を可能とするため、プロファイル測定の自動化が必要である。そのためスクリーンモニタからの信号は、画像取り込みボードにより画像データとしてコンピュータへ取り込み、画像処理の技術を使用してプロフ

ファイルを計測するシステムを構築した。

#### 2、システムの構成

##### 2-1. ハードの構成

図1に全体の機器の構成を示す。機器を構成するにあたっては、できるだけ市販の製品を使用す

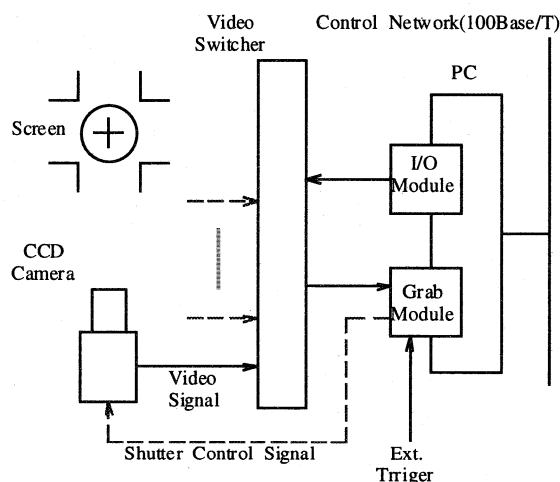


図1 機器構成図

CCDカメラ TI-124A (NEC)  
ビデオ・スイッチャ JK-S12 (東芝)  
Grabボード PULSAR (Matrox)

るようにつとめた。カメラは加速タイミングとの同期をとる必要があるため、外部トリガによってシャッターを制御できるタイプのものを選んだ。またカメラはビーム加速時に発生する放射線から保護するため、鉛レンガによってシールドしている。カメラからの映像信号は、映像切り換え器を通してパーソナルコンピュータに取り付けられ

た画像取り込みボードに入力される。画像取り込みボードは、カメラと同じように加速タイミングと同期可能な機能を持った製品を選んだ。また、映像データを、ネットワークを使用して配信するためにシステムメモリへの転送速度が要求される。そのためP C Iバス規格のものを使用した。

## 2-2. プログラムの構成

プログラムはマイクロソフトの VisualC++ を使って作成した。画像処理用のライブラリはボードメーカーが提供しているものを使用した。このライブラリは画像処理用の関数が整っており、また現在のバージョンは ActiveX のコンポーネントが提供されている。このコンポーネントを使用することにより、大幅に開発時間を節約することが可能となる。しかし、採用した当時はまだこれらのコンポーネントが提供されておらず、また実行速度等の面からC言語を使って開発した。

プログラムの全体の構成は図2のようになる。

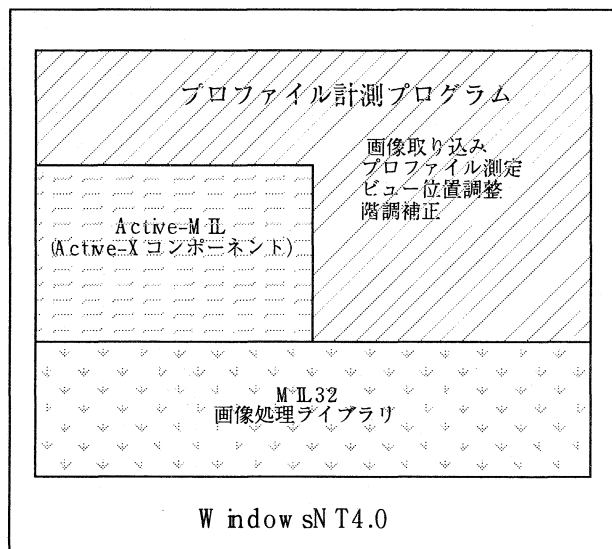


図2 ソフトウェア構成

開発はVisualCを用いた。  
画像処理ライブラリ M IL32  
(Matrox社製)

このプログラムに付加した機能は次の通りとなる。

- ア) ビームの位置と大きさを自動的に計測する。
- イ) 表示する画像は常に同じ方向から見えるようにする。

ウ) 表示する画像を見やすくするために色によって階調をあらわす。

### 2-2-1 ビームプロファイルの自動測定

スクリーンモニタから得られる画像データからプロファイルを測定することはよく行われている。一般的には垂直方向または水平方向への画素ごとの投影を行いヒストグラムを得る。そのヒストグラムをガウス分布でフィティングし、得られた関数から幅を求めている。今回採用したアルゴリズムは、できるだけプログラムの量を減らすため画像処理技術のみの使用により測定する方法を考えた。まず、ビームによってスクリーンが光っている状態を画像で見ると、最大光量の部分と光っていない部分に分けられる。その差の半分の位置を半値幅と定義しその値で2値化する。2値化して得られた画像を計測することによりかたちと位置を測定することができる(図3)。測定した値は、制御系からのコマンドにより制御データベースへ転送される。<sup>2)</sup>

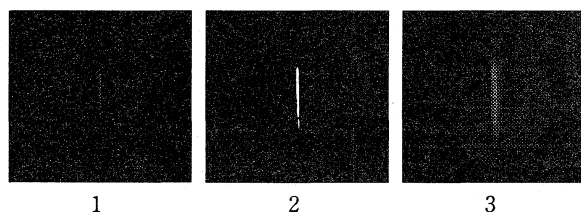


図3 処理順ごとの画像

1は原画像、2が測定のために二値化した画像  
3が、ヒストグラムの平均化と測定した値、およびビームサイズを楕円で表示した画像

### 2-2-2 ビュー位置の補正

スクリーンを覗くカメラは、設置場所の環境によりすべてが同じ方向には取り付けられていない。また、スクリーンも同様である。カメラからの映像を直接モニタTVに写した場合には、つねに映像がどの向きにあるのかを気にしながら調整しなければならない。そのため、オペレータが制御コンソール上でみる画像は、一定方向から見えるようにするため、それぞれについて回転、反転の処理を行い補正している。

### 2-2-3 階調のカラー化

カメラからの信号は白黒であるため、そのままではグレイスケールの表示となる。観察する場合には情報を不連続にし、且つ階調の変わり目をわかりやすくする必要があるのである。そのため表示用に疑

似カラーのパレットを定義した。

### 3、測定

次に、測定された値と、実際の大きさとの違いがどれだけあるかを検証した。方法は、このシステムに使用したアルゴリズムで測定した値と、そのために使用した画像の投影データに対して、さきの値から導き出した標準偏差 ( $\sigma$ ) によるガウス分布とを比べることにより行った。<sup>3)</sup> この一例を図4に示す。

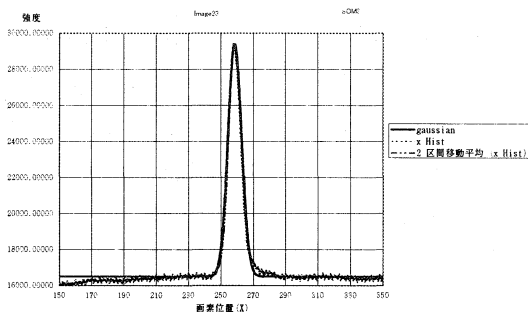


図4 ヒストグラムとガウス分布

X軸は画素の位置を示す。1ピクセルあたりの距離はモニタによって異なるが、約0.1mmである。Y軸は光の強度を示す。実線が、測定で得られた値から求めた標準偏差 ( $\sigma$ ) によるガウス分布。

画像データは、実際にSTB入射路の調整を行っているときにVTRに録画し、そのなかから30枚を無作為抽出した。 $\sigma$ は次の式によりもとめられた。

$$\sigma = k \times w$$

wは画像処理により得られた大きさ。kはいくつかの投影画像からガウス分布をプロットし得られた $\sigma$ と、 $\sigma$ を求めるために使用した画像を処理して得られたビームの大きさの関係を一次関数でフィットし求めた値で、約0.34であった。この値をガウス分布の半値幅との比(約0.3)と比較してみると若干大きな値となっている。画像処理の2値化の位置が幾分ピーク側にずれ、測定値が小さくなったためと思われる。結果は、全く違う値をだした2枚以外を除いて、ほぼ一致しているのがわかった。違う値をだした画像を調べてみると、ビームの大きさはかなり大きく見えるが、中心付近に強度のある点があり、それによって2値化する

ポイントがずれたために起こったものであった。しかし、なぜそのような像が出現したのかは調査中である。

このシステムを使用し、プロファイルを計測し、その値をもとにSTB入射路のオプティックスの計算をしている。測定は制御コンソール上で注目しているスクリーンモニタを対象に行っている。測定自体はスクリーンが挿入されている間中に行われているが、データベースへの転送はオペレータのアクションによって開始される。オプティックス計算に必要な測定の手順は、

- 1、 Q電磁石を励磁しない状態で3カ所のプロファイルを測定する。
- 2、 X方向収束のQ電磁石によりX方向を収束させ、そのプロファイルを測定する。
- 3、 Y方向収束のQ電磁石によりY方向を収束させ、プロファイルを測定する。

となる。この測定して得られた値から、ツイスパラメータを計算し、STB入射とのマッチングが最適となるようにQ電磁石の強さを計算しオプティックスを決定する。

このシステムが稼働したことにより、測定時間がかなり短縮された。

### 4、まとめ

今回用いたアルゴリズムは、スクリーンモニタの画像からプロファイル情報を抽出する事が可能であることがわかった。また、それ以外の二つの処理も、オペレータが運転するために有効に機能した。

しかし、加速トリガと取込タイミングの同期が完全にとれておらず、特に遅い繰り返し運転時に取込に失敗するフレームが発生する。より確実に精度の高い測定をするために、加速トリガとの同期が不可欠である。また、画像信号にのってくるノイズ、特にキッカー等のノイズの影響によって測定できないことも発生する。このためのアルゴリズムの改善およびノイズの影響を小さくするための処理方法を考案する事も必要である。

### 参考文献

- 1) M.Oyamada et al.:Proc. 10th Symp. On Acc. Sci. and Tech., Hitachinaka(1995)463.
- 2) 武藤正勝他:核理研研究報告 31(1998) 84.
- 3) 雪島正敏他:核理研研究報告 28(1995) 96.