

# New Beam Profile Monitor for the Beam Transport Line Between the TRISTAN-AR and MR

S.Takasaki, S.Araki, T.Kawamoto, T.Naitoh, T.Mimashi  
J.Urakawa, S.Takeda, A.Ogata and K.Kudo

KEK, National Laboratory for High Energy Physics  
Oho 1-1, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305, Japan

## Abstract

In order to monitor the characteristics of the beam extracted from the TRISTAN-AR at the routine operation automatically, new measurement system was constructed. The new measurement system comprises thin aluminized Mylar sheet ( $20\mu m$ ), TV camera, triggering circuits, image processing computers and communication interface. We can extract information by processing images on a computer and send the information to the TRISTAN control system. We obtained the measurement accuracy within 2% as a beam profile monitor.

## トリスタン蓄積リングと主リング間の ビーム輸送系診断用新ビームプロファイルモニター

### 1. はじめに

トリスタン蓄積リング・主リング間のビーム輸送系のビーム調整を行なう時、出し入れ可能な36組のデマルキャストとTVカメラを使用してビームの映像をモニターしている。このシステムはディストラクティブであるため、輸送ラインのビーム強度、ビーム中心の位置及びビーム巾を常時測定するには不向きである。そこで、常時監視可能なビームモニターを開発する目的で、各種の方法を検討した。輸送系では空気中をビームが走る空間が存在するので、ビームがこの空間を通過するとき放出されるチェレンコフ光等をTVカメラでとらえ、ビームモニターとして利用することにした。

常時ビームラインに挿入したままで使用できる、ビームプロファイルモニターとしての試作試験を行なった。ビームへの影響がほとんど無いビームプロファイルモニターが完成したので、その性能結果について報告する。

また、トリスタンのビーム輸送系の運転状況を監視するため、ビームプロファイル信号を画像処理し、そこから得られるビーム強度、ビーム中心の位置及びビーム巾等の情報を、加速器制御系に伝送して表示するシステムについても報告する。

### 2. 空気によるチェレンコフ光

速度 $v$ の荷電粒子が屈折率 $n$ の物質中を通過して、 $v$ が $c/n$  ( $c$ は真空中での光の速度)より速いと、荷電粒子からチェレンコフ光がでる。この時放出される光の方向は $\cos\theta = 1/n\beta$ となる。ここで、 $\beta = v/c$ である。蓄積リングより取り出すビームエネルギーは8GeVであり、その時、空気

の屈折率は、1.000293なので、臨界エネルギーは21MeVになる。よってチェレンコフ光が放射される。

### 3. プロファイルモニターシステム

蓄積リングのビーム取り出しセプタムとビーム輸送系真空チャンバー間に図1に示すようにアルミ蒸着マイラシート(20 $\mu$ )をビームに対し角度45°に傾て設置した。マイラシートで反射した光をスクリーンに投影し、その投影像をTVカメラを用いモニターする。このTVカメラは外部同期信号によりビームと同期をとるようにした。ビーム取り出し用トリガーは蓄積リングのビーム周回周波数(794.7KHz)を分周して得られた約1Hzの信号を用いる。またビーム周回周波数を分周し約60Hzの信号を作って、それをTVカメラの垂直同期信号としている。よって映像信号はビームに完全に同期する。映像信号はフィールドメモリーに取込む。フィールドメモリーに取り込んだ画像を更に画像処理システムに送り画像解析する。画像処理システムの解析結果を加速器制御系に伝送し、必要な情報をオペレーターに提供する。システム構成図を図2に示す。

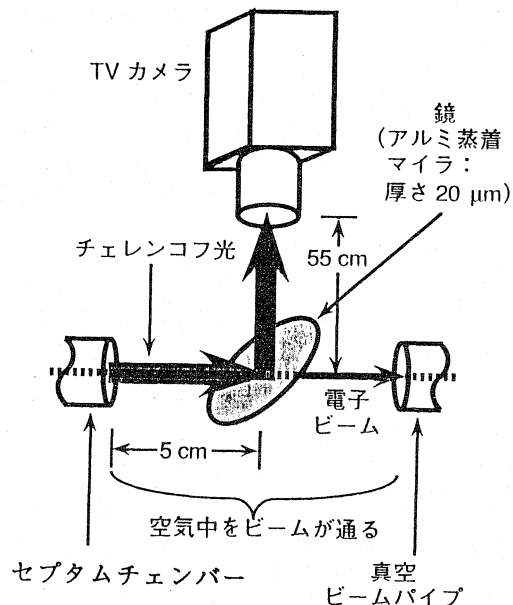


図1 ビームプロファイルモニター

### 4. 映像システム

表1にTVカメラの仕様を、図3に撮像管特性を示す。残像が12%で無焼付であるため、フレームメモリ型で記録すると、映像信号が第一フィールドと第二フィールドで、明るさが大きく変化するため、フィールドメモリ型を使用した。

ビーム周回周波数を分周しただけの垂直同期信号ではTVカメラの垂直同期開始時刻とビーム到達位置の走査時刻との間の時間差が存在するため、フィールドメモリ上の映像信号に輝度の差が生じる可能性がある。常に映像信号の走査線位置とビーム取り出しが同じになるように、TVカメラの垂直同期信号のタイミングを調整した。

フィールドメモリとしては256\*256の64階調のものを使用した。走査線1本を256分割し、垂直方向も256分割した。

フィールドメモリーの取込みトリガーはセプタムトリガーと同じものを使用する。取込みトリガー入力後、次のフィールドを画像取込みする。

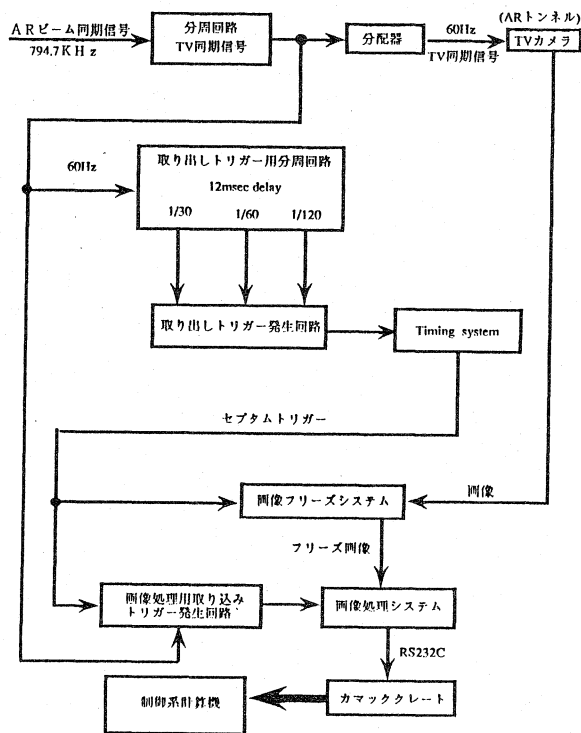


図2 システム構成図

水平走査周波数	2/3インチのニュービコン 15.75KHz
垂直走査周波数	60Hz
映像出力	1.0Vp-p/75Ω コンポジット信号
解像度	水平中心 650本 周辺 400本
最低照度	0.3lux (F1.4白熱灯)
ガンマ	おおよそ1
残像	12% 無焼付

表. 1 TVカメラ仕様

画像処理システムでは、ビームの大きさ、ビーム中心の位置、長軸及び短軸の長さ、ビーム強度、を計算し、そのデータをトリストラン運転制御計算機システムに送る。

### 5. 性能結果

図4にビーム電流19.4mAのときフィールドメモリーに取込まれた映像を示す。

図5にビーム電流19.4mAのとき取込んだ映像をX軸、Y軸方向で切った分布を8枚重ねたものを示す。

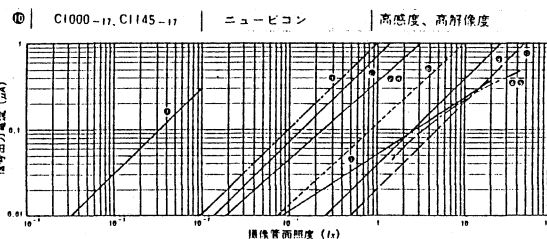


図3 撮像管光電子変換特性

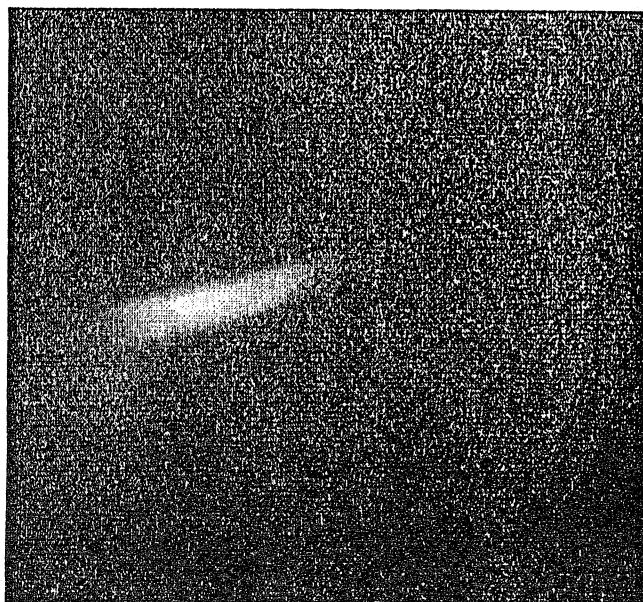


図4 ビームプロファイル映像

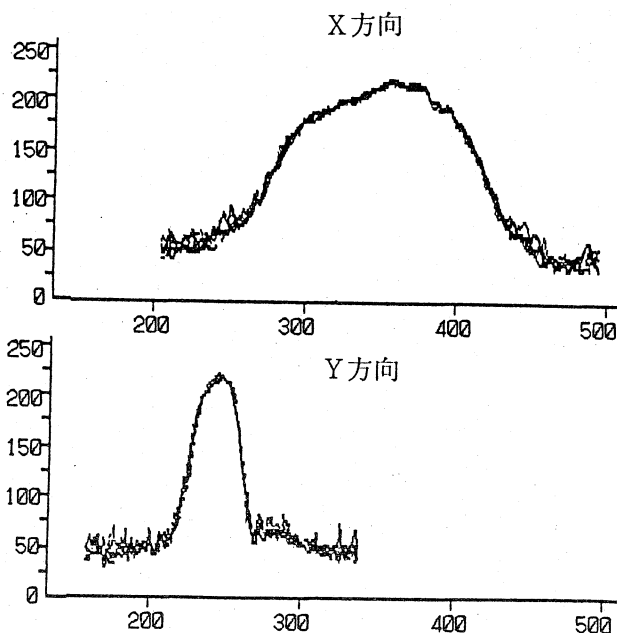


図5 分布図

同一ビーム電流で、取込を行なった結果を表2に示す。

表より分かるように、ビームプロファイルモニターとして、約2%以内の測定精度をもっている。

	ビームの 大きさ (ドット数)	X軸中心 (x/512)	Y軸中心 (y/512)	長軸の 長さ (ドット数)	短軸の 長さ (ドット数)	強度 (積分)	平均の明るさ (強度/ビームの 大きさ)
平均値	5840.05	349.96	245.90	171.19	41.99	877905.6	165.89
標準偏差	77.96	0.58	0.92	2.60	0.77	8908.80	1.10

表2 プロファイルモニター画像処理結果 (at~20mA)

謝辞

佐藤康太郎助教授のご助言に深く感謝します。