

J-PARCリニアック用ビームモニター

富澤 哲男^{1,A)}、木代 純逸^{A)}、五十嵐 前衛^{B)}、李 成洙^{B)}、廣木 文雄^{A)}

A) 日本原子力研究所 大強度陽子加速器施設開発センター
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方2-4

B) 高エネルギー加速器研究機構 大強度陽子加速器計画推進部
〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

概要

日本原子力研究所（JAERI）と高エネルギー加速器研究機構（KEK）は、共同で大強度陽子加速器計画に基づく加速器施設（J-PARC）の建設を進めている。このうちJ-PARCリニアックには、ビーム診断を目的とした各種ビームモニターが設置されることになっている。本稿では、上記ビームモニターの種類と配置及びデータ処理について報告する。

1. はじめに

J-PARCリニアックは、H⁻イオン源やRFQ、DTL、SDTLなどの加速管及びA0BT、L3BTなどのビーム輸送系から構成されており、平均330 μ Aのビーム電流を加速して3GeVシンクロトロンに入射することになっている。このような大強度ビームを加速するためには、ビーム損失をいかに押えるかが重要なファクターであり、高品質ビームの発生や加速とともにビーム診断系の役割も重要である。特にビーム損失モニターにおいては、低エネルギー部で発生したビーム損失によって加速器がダメージを受けることを防止する目的から、ビーム損失を高速で検知する必要がある。ここでビームモニターとしては、電流モニター（SCT）、位相モニター（FCT）、ビーム位置モニター（BPM）、プロファイルモニター（WSM）、ビームサイズモニター（BSM）、スクリーンモニター（SCRN）及びビーム損失モニター（BLM）などがあり、以下それぞれについて説明する。

2. ビームモニターの種類

2.1 電流モニターと位相モニター

電流モニター（SCT）と位相モニター（FCT）は、コイルのコアに透磁率の良いファインメットを使用することで検出効率を上げている。また、コイルの巻き数は、電流モニターが50ターン、位相モニターは1ターンで、コイル外側のチャンバーは共有化を図り、両方のモニターを入れられる構造になっている。SCTはビーム電流5mA～50mAで精度0.1mA以下、パルス幅200ns～500 μ sで応答速度が50ns以下であって、500 μ s時のサグが3%以下になることが求められている。FCTは相対的なビームパンチの位相測定を目的に分解能 $\pm 1^\circ$ 以下で、TOFによるビームエ

ネルギーの測定においてはエネルギー分解能0.1%以下の実現が求められている。図1にチャンバー概略図を示す。



図1 SCT/FCTチャンバー概略図

2.2 ビーム位置モニター

ビーム位置モニター（BPM）はストリップライン型のショートタイプを使用し、ダイナミックレンジ30dB以上でビーム位置を ± 0.1 mm以下の精度で測定できる必要がある。このためBPMを四極電磁石（Q-mag）に抱き合わせる形で据付精度を担保し、応答速度を考慮して検出回路にAM/PM方式を採用している。また、測定するビームエネルギーに応じてストリップラインの長さを変えて製作するのが理想であるが、製作コストを削減する目的から、ストリップラインの端子間距離、100mm・120mm・150mm・180mmの4種類のものを製作している。図2にBPM据付概略図を示す。

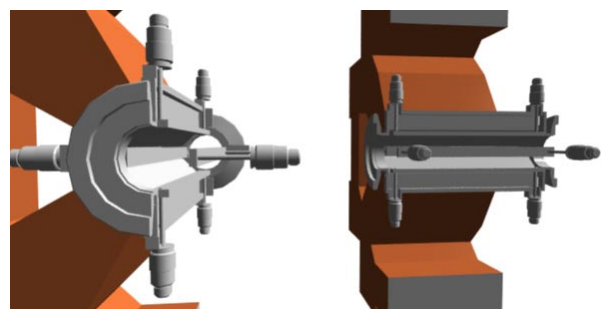


図2 BPM据付概略図

¹ E-mail: tomisawa@linac.tokai.jaeri.go.jp

2.3 ビームプロファイルモニター

ビームプロファイルモニター（WSM）とビームサイズモニター（BSM）は3線式ワイヤースキャナー方式を採用している。低エネルギー部ではビームによって受ける発熱問題からWSMのワイヤを50 μm のタンゲステンワイヤから7 μm のカーボンファイバーにしている。この方式のWSMはビームを乱さない特徴があることから4台を一組にしてビームエミッタンス測定を行っている。BSMは高エネルギー部分でビームサイズを測るために、ワイヤではなく幅広薄肉のカーボンプレートを使用している。図3にWSMとBSMのヘッドとチャンバーの概略図を示す。

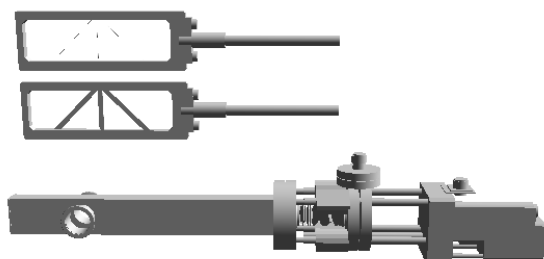


図3 WSM/BSM概略図

2.4 スクリーンモニター

スクリーンモニター（SCRN）はデマルケスト（蛍光体）を用いてビーム通過位置の確認を目視で行うためのもので、デマルケスト上の発光をCCDカメラで撮影して観測している。ただし、フルビーム状態では放射線上的の問題があるため、スクリーンモニターを使用する場合には、ビーム強度を下げる必要がある。SCRNの概略構成を図4に示す。

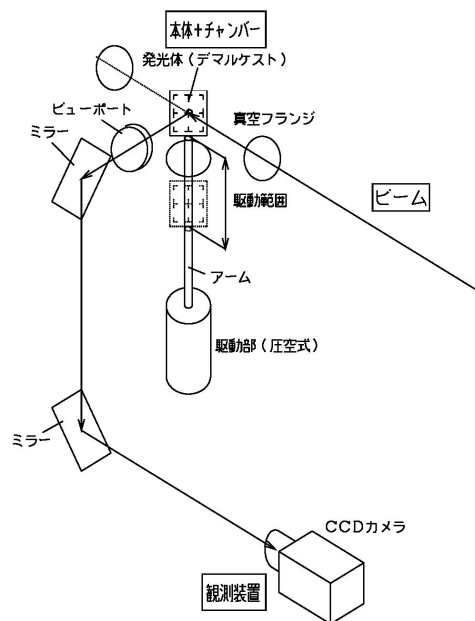


図4 SCRN概略構成図

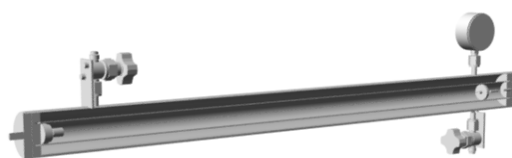


図5 BLM概略図

2.5 ビーム損失モニター

ビーム損失モニター（BLM）はステンレス製の二重管構造のものにアルゴンガス（90%）とメタンガス（10%）の混合ガスを封入し、60 μm のタンゲステンワイヤを芯線にした構造になっている。BLMの特徴はバックグラウンドの放射線レベルの測定も可能なように芯線の出力をDC結合で後段の電子回路に接続している点である。これにより加速器トンネル内の放射化レベルの測定も可能になると考えている。図5にBLM概略図を示す。

3. ビームモニターの配置

3.1 配置の原則

J-PARCリニアックにおけるビームモニターの配置の原則は、各加速管にFCTとBPMを配置し、SCTは加速管1台おきに配置している。また、WSMはSDTL以

降の加速管8台毎に、BSMはSDTL初段とL3BTアーク部の前後に1台ずつ配置している。SCRNについてはA0BT部及びL3BT部に6台設置している。BLMについては基本的に加速管毎に設置しており、ビームロスの発生場所を特定できるように考えている。なお、次ページの表1に各モニターの設置員数を示した。

4. データ処理

4.1 処理系の構成

地下加速器トンネルにある各種ビームモニターの出力信号は、プリアンプなどを介して30m~40m離れた地上部のクライストロンギャラリーおかれるデータ処理系に入力される。データ処理系の概略構成図を次ページの図6に示す。データ処理系では、まず入力された信号をバッファアンプで分岐して、ひとつは横河電機株式会社製のWE7000で構成されたシステムで信号処理を行い、もうひとつはオシロ

スコープに入力し、その映像出力信号を伝送して制御室でリアルタイムに波形変化をモニターできるように考えている。

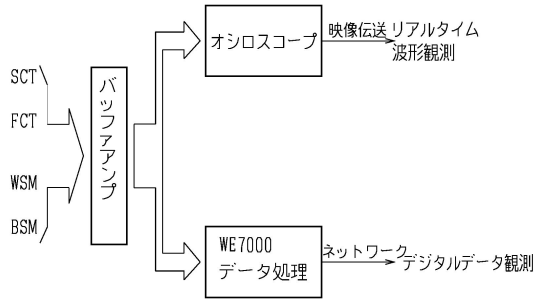


図6 データ処理系概略構成図

5. 今後の課題

SCTではサグを減少させる目的から、プリアンプをSCTの直近に配置しているが、L3BTなどでは耐放

射線性の観点からどの程度の寿命が実現できるか検討し、対策を施す必要があると思われる。

WSMなど駆動系を持つビームモニターのパルスモーターは特別なものを使用していないため、高線量領域での耐放射線性に関し懸念を感じている。

6. まとめ

KEK60MeV陽子加速器での経験をもとにシステム設計を行い、発注したわけであるが、今年度後半には各機器が納入され始め、来年には据付工事などがスタートすることになっている。供用運転までの残りの期間も短くなってきたが、各ビームモニターの動作試験や校正作業など順調に進めて行くつもりである。

参考文献

- [1] Y.Yamazaki, et al., "Accelerator Technical Design Report for High-Intensity Proton Accelerator Facility Project"
- [2] High-intensity Proton Accelerator Project "ACCELERATOR TECHNICAL DESIGN REPORT FOR HIGH-INTENSITY PROTON ACCELERATOR FACILITY PROJECT, J-PARC" KEK Report 2002-13/JAERI-Tech 2003-044

	SCT	FCT	BPM	WSM	BSM	SCRAPER	SCRN	EM	BLM
IS,LEBT,RFQ,MEBT1	4	3	8	4	0	0	0	4	4
DTL	3	3	0	0	0	0	0	0	9
SDTL	15	30	29	5	1	2	0	0	30
A0BT	3	3	17	5	1	0	1	0	25
L3BT	9	4	24	12	2	0	5	0	37
TOTAL	34	43	78	26	4	2	6	4	105

表1 ビームモニター員数