

## THE PROTECTION SYSTEM OF THE EQUIPMENT FOR J-PARC MR

Hidetoshi Nakagawa<sup>1,A)</sup>, Atsuyoshi Akiyama<sup>A)</sup>, Jyun-ichi Odagiri<sup>A)</sup>, Norihiko Kamikubota<sup>A)</sup>, Noboru Yamamoto<sup>A)</sup>,  
Hironao Sakaki<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

<sup>B)</sup> Japan Atomic Energy Agency

2-4 Shirane Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1195

### Abstract

In J-PARC which aims at the achievement of beam intensity of the largest in world, the beam loss may produce breakdown of the equipment. For the reason, it is necessary to immediately stop next acceleration, when the abnormality was detected. And, the beam in MR is immediately disposed of to the exclusive dump. In 3 accelerators of LINAC and RCS and MR, the movement is different for the every accelerator on the protective equipment of the accelerator, because the characteristic is different. In addition, it is necessary to carry out the protection for the trouble of the equipment in the experiment area using the beam. Each accelerator has some separated junctions in the downstream. The high-efficient operation of the accelerator is possible, when the equipment of the downstream broke down, when the trouble area is accurately separated. In the initial stage of operation of this accelerator group, the total beam acceleration is stopped in malfunction detection. However, the preparation has been done, as the high-efficient operation is possible by considering the area separation in the future. Simultaneously, the operation which sends the beam under acceleration to the beam disposal dump point, while next beam acceleration is stopped, is also carried out in MR. From information of the experiment area in the downstream and information of the equipment of the accelerator and phase information of the accelerator, the above mention is manipulated using Abort/MPS of MR. This is the report on be Abort/MPS equipment under manufacturing.

## J-PARCのMR部の機器保護装置

### 1. はじめに

J-PARCは大強度の粒子加速を目指しているが、一加速の中に含まれる粒子でも極端に大きなエネルギーを持つことになり、わずかなビームハンドリングの誤りが、真空事故や磁石などの機器の破損に繋がる。そこで、機器の異常やビーム損失の増大や高周波加速のビームハンドリング用フィードバックの異常などが検出されると、加速器の構成要素の保護のために次の加速を停止し、ビームが継続的に機器に衝突する事態を回避する。また、MRの場合には加速器内に保持されているビームだけでも、非常に大きなパワーを持つために、できる限り機器に当たる事態を回避することが要求される。そこで我々は機器異常が検出されると、加速器内にあるビームを異常時のビーム廃棄専用のダンプに導く装置を作った。この装置はリングからビームを外へ取り出す部分と、情報収集と論理判断で保護操作の内容を決定する情報処理部分という2種類の機器群からなる。

この報告では、情報収集と論理処理を行う制御装置側の概念と開発状況を説明する。また、紙面の許す範囲で入力と出力の関係、すなわち、この装置での論理処理の例を示す。ただしこの論理処理の例は機器設計上の概念の確立のためのものであり、実運用時には修正が加わるものと考えている。

### 2. 目的と要求

機器保護のためには、次からの加速を停止する機能と現在加速器内にあるビームを安全に処理する機能が必要である。この2点の検討からMRのAbort/MPS装置の仕様が決定された。

LINACやRCSでは加速器内のビームを捨てる機能がなく、必要性も低い。それに比べて、RCSのビームエネルギーの40倍程度のビームエネルギーを加速

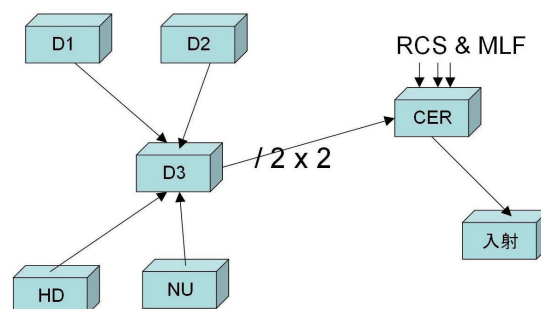


図1 加速停止機能であるMPSの信号の流れ

<sup>1</sup> E-mail: hidetoshi.nakagawa@kek.jp

器内に溜め込むMRではそのビームを1点に衝突させるわけに行かず、加速器から取り出すことは不可欠である。この点がJ-PARC内のMR部の大きな特徴である。

図1で上流部のビーム加速を停止するMPSと呼ばれる機能の信号の流れを示す。J-PARCでは加速器は3つの電源棟(D1, D2, D3)ですべての電源操作と、情報処理を行う。さらに、ハドロン(HD)やニュートリノ(NU)と呼ばれる実験エリアからも、状況を示す信号がD3に集まってくる。この場合、MRがビームを160ミリ秒程度かけて貯めてから加速するという動作をすることを考えると、動作速度よりは動作の信頼性が重視される。動作時間を検討すると各棟間の信号伝送が支配的で全体で20-30マイクロ秒程度必要であるがこれが問題になることはない。

MRのリング内ビームの廃棄に必要な時間が検討されたことがあった。その結果、100マイクロ秒程度よりも早ければ、十分ビームを蹴り出すことが可能であることが示された。そこで、MRのAbort/MPS装置の動作時間は、入力情報の一つであるビーム損失の検出を含んで、100マイクロ秒よりも短ければ十分であると決定した。

### 3. 構成概念

MRのAbort/MPS装置は3つの棟に分散配置されるため、各部屋ごとにサブラックを置きそこで入力タイプに合わせたモジュールを組み合わせて信号処理装置を構成することにした。ただ、ビーム損失信号は各棟ごとに約200点と非常に多いために、Abort/MPS側のロス信号入力用サブラック(BLM-MPS)をロスモニタの信号処理回路のラックに設置し、集約した信号を主信号処理用サブラック(MR-MPS)へ送る方式とした。この構成を図2に示す。

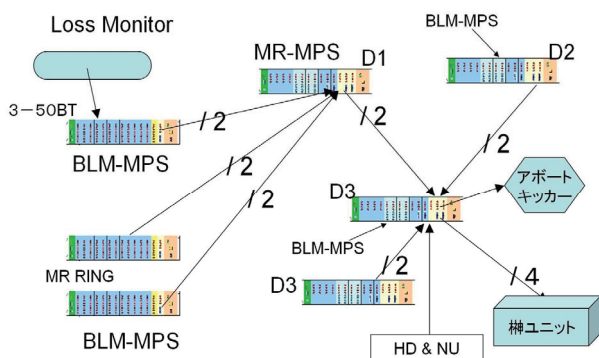


図2 Abort/MPS装置の構成

また、MR-MPSのサブラック内の構成とBLM-MPSのサブラック内の構成を図3と図4に示す。ただし、この図はモジュールの種類を示す例であり、運転用実装は各棟の機器配置に基づく入力点数の変化に合わせて構成を変える。サブラック単位でイーサネット接続しており、この線を通じて入力状況を読むことができる。

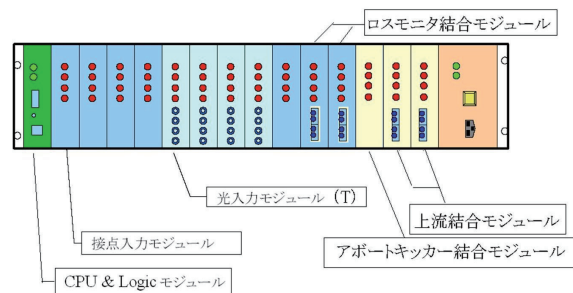


図3 MR-MPSの構成例

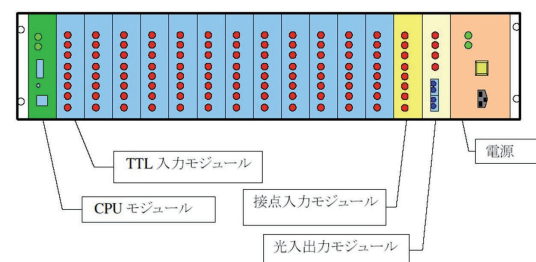


図4 BLM-MPSの構成例

### 4. 開発現状

図5にBLM-MPSのシステムの試験状況を図6にMR-MPSのサブラックの写真を、図7にMR-MPSで使うモジュールの写真を示す。

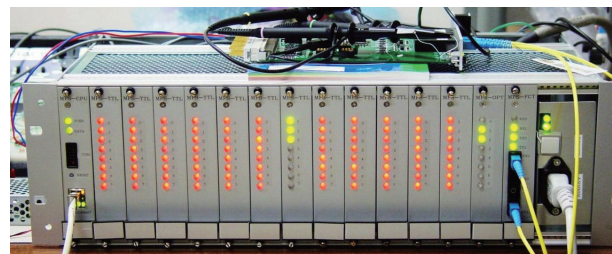


図5 BLM-MPSの試験状況

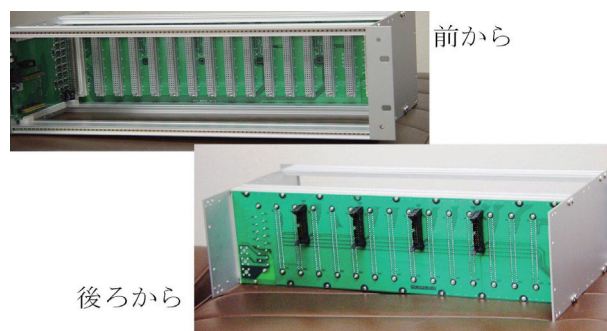


図6 MR-MPSのサブラック

また、これらのサブラック間と下流の実験エリア(HD, NU)との接続や上流のCER内の情報集約装置(榭ユニット)との接続はシングルモードの光信号で行う。

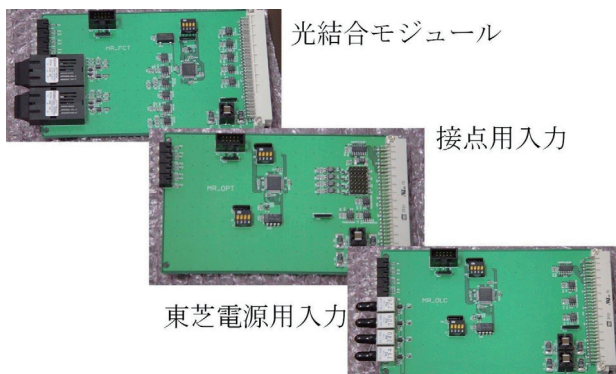


図7 各種モジュール

## 5. 試験状況

試験の一例として、図7の光結合モジュールの信号の様子を図8に示す。周期160nsが機器正常をあらわし、周期80nsが異常をあらわす。他のモジュール群も図5で示すように随時試験中である。

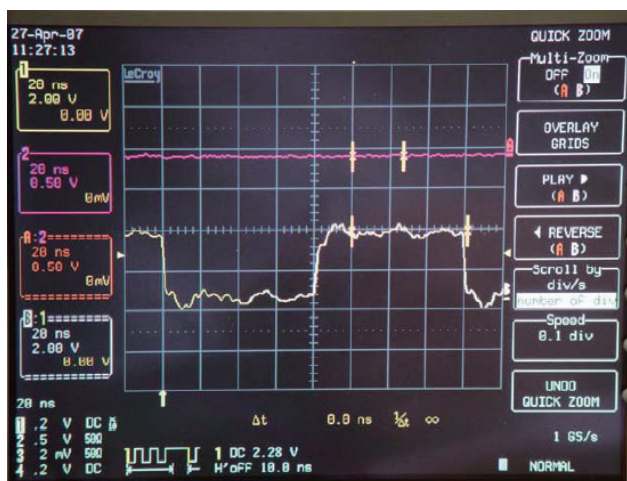


図8 光結合モジュールの信号  
システムが正常を示す160ns

## 入力と論理

図9にエクセルの表で表現した論理の表(例)を示す。回路設計のために作ったもので運転用は異なると思われる。この場合には運転モードに基づいた5枚のシートを使い表現される。調整中やどこでビームを使っているかなどといった情報と加速器運転中のフェーズと機器の異常情報とから、ビーム廃棄やビーム加速停止などが決定される。実運用時にはリレーショナル・データベースで管理する予定である。

入力点数はロスモニタ信号が600点程度、下流エリア2箇所、機器情報が60点程度である。ただし、機器情報は機器グループによっては機器側で集約されていて、複数電源で1本の場合もある。

入力モジュールにはマスク用のスイッチがあり、この部分で固定的なマスクをかけることができる。また、ネットワークからマスク情報を書くことでランタイムにもマスク処理を変更することができる。ただし、スイッチによるマスクはネットワークからのマスクに対して優先的に扱われる。

すべてのマスク情報は上位処理系から読むことができる。

## 6. まとめ

JAEA側機器とKEK側機器との接点であり、難しい面もある。また、加速器の検討とともに複雑さが増してきた。それに伴い、最初の設計の範囲では吸収しきれない程度の変更が生じることもあり、現在も仕様の変更の検討中である。ただ、回路設計が内製であり、仕様の変更に柔軟に対応できる。またモジュール構成にしていることで、柔軟さが向上している。入力や出力の種類増加には機能の限られたモジュールの追加で容易に対応できる。

今後の課題はシステムとしての動作の確認と、心配されている電源機器の発する電波雑音に対する耐性の確認である。また、管理用のデータベースとヒューマン・インターフェースの作成も必要である。

	遅い取り出し						空白	何もしない
	タイミング	入射	加速	取り出し (F)	取り出し (s)	ビームなし		
故障場所							A	Abort
振り分け 以前							S	MR短時間停止
振り分け		B	B	B		B	X	リセットまでMR停止
5-50BT 電源		X	X	X				
5-50BT モニタ		X	X	X				
5-50BT 真空度悪化							B	MLF & MR 停止
5-50BT 真空度悪化 → ゲートバルブ閉		X	X	X				
入射機器		X	X	X				
入射ダンパ機器		X	X	X				
O		AX	AX	AX				
B		AX	AX	AX				
SX		AX	AX	AX				
ステアリング		AX	AX	AX				
RF (含むRF フィードバック用モニタ)		AX	AX	AX				
早い取り出し機器		X	X	X				
遅い取り出し機器		AX	AX					
ロスモニタ		AX	AX	AX				
強度モニタ		AX	AX	AX				
その他モニタ								
真空度悪化								
真空度悪化 → ゲートバルブ閉		AX	AX	AX				
Fastグループからの要請		AX	AX	AX				
Slowグループからの要請								
強度制限		X	X	X				
PPS		X	X	X				

図9 論理表(例)