

# DEVELOPMENT OF MLF-INHIBIT SYSTEM FOR J-PARC

Tatsuya Ishiyama<sup>#,A)</sup>, Yuichi Ito<sup>A)</sup>, Nobuhiro Kikuzawa<sup>A)</sup>, Takahiro Suzuki<sup>A)</sup>,  
Motoki Ooi<sup>A)</sup>, Shin-ichiro Meigo<sup>A)</sup>, Kenji Sakai<sup>A)</sup>, Yuko Kato<sup>A)</sup>

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

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

## Abstract

In J-PARC, the beam is delivered to MLF (Material and Life Science Experimental Facility) and MR (Main Ring) facilities (Hadron facility and Neutrino facility) at the same time. MPS (Machine Protection System) and MPS subsystem was installed aiming to decrease the radioactive contamination by beam loss. The early MPS system stopped for these all facilities when devices trouble happened. However, trouble of MLF does not affect beam for the MR. In order to improve operation time for MR, we developed MLF-Inhibit system. The development of MLF-Inhibit system and the status of the installation are described in this report.

## J-PARC MLF インヒビットシステムの開発

### 1. はじめに

現在 J-PARC では、MLF(物質・生命科学実験施設)と MR(50GeV シンクロトロン)の各施設(ニュートリノ実験施設、ハドロン実験施設)への供用運転が行われている。供用運転をするにあたり、安全性確保と共に、稼働率の向上が重要課題である。

安全性確保には、加速器施設内での突発的なビームロストラブルを回避する目的で、機器の異常信号を検知した際、高速にビームを停止する、MPS(Machine Protection System)<sup>[1][2][3][4]</sup>が導入されている。

初期の MPS においては MLF と MR の両施設へのビーム打ち分け時に、片側の発報においても MR 行きおよび MLF 行きの全ビームの停止を行っていた。しかし MR の機器異常時において、運転に影響を受けない MLF へのビーム供給までもが停止してしまうことが問題視され、MR インヒビットが導入された<sup>[5][6]</sup>。MR インヒビットとは、MR の軽微な機器異常をインヒビット信号として扱い、MR 行きのビームのみを停止するシステムである。

これまで、MLF による MPS 発報は全ビームを停止としてきたが、MR インヒビット導入時と同様に、正常運転状態にある MR へのビーム供給も停止してしまうことによる MR 運転稼働率の低下が問題視されるようになった。特にミュオンターゲット移動時には MPS が必ず発報する仕様となっているため、ビーム行先を MR のみに切り替えてターゲットを移動する運用を行っていた。このビーム行先切り替えの際にも全ビーム停止としていた。

そこで今回新たに、MR の稼働率向上、MLF の安全性確保の両立を目的とした MLF インヒビットシステムの開発を行った。本報告は、この MLF インヒビットシステムについて述べる。

### 2. MLF インヒビットシステムへの要求

#### 2.1 MR の稼働率向上

従来 MLF で MPS として発報していた信号をインヒビットとして扱う。MLF インヒビットが発報時には、3NBT より下流側(図 1)にビームが行かないよう、高速に自動で設定変更を行う。この際、MR との同時運転中であれば、MR 側へのビーム運転は継続されるようにする。

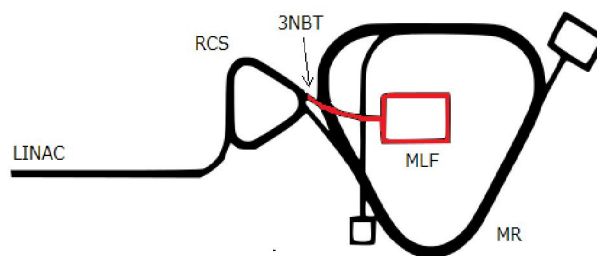


図 1 : J-PARC 全系図

#### 2.2 MLF の安全性確保

MLF インヒビット発報中、3NBT より下流側でビームが検出された場合、従来通りの MPS を発報し全ビームの停止を行う。

また、MLF ではビームが停止した際、MLF 低温水素系の安定維持のために、45sec 程度は MLF へのビーム運転再開をしないようにしている。これまではオペレータの判断であったが、MLF インヒビットシステムにロジックを組み込む事で信頼性の向上を図る。

<sup>#</sup> tatsuya@post.j-parc.jp

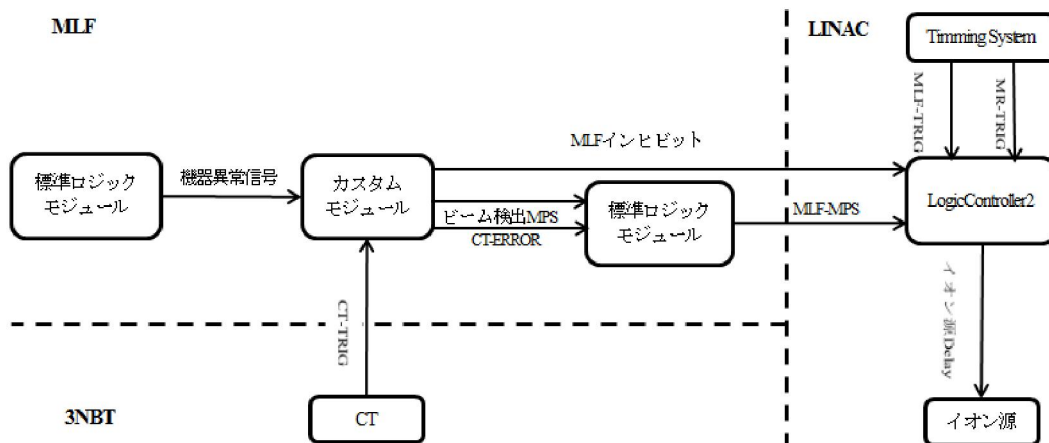


図 2 : MLF インヒビットシステム構成図

### 3. システム構成

#### 3.1 全体構成

MLF インヒビットシステムは、LogicController2<sup>[6]</sup>を軸としたビーム停止処理部と、MLF インヒビットカスタムモジュールを軸としたビーム停止信号生成部によって構成される(図 2)。

#### 3.2 ビーム停止処理部

LogicController2 は停止信号生成部からの MLF-MPS、MLF インヒビット信号を受け、各信号に応じたビーム停止処理を行う。MLF-MPS 信号受信時は、MR 行きおよび MLF 行きの全ビームの停止をする。MLF インヒビット信号を受信の際には、MLF 行きビームのみを停止する。MLF 行き、MR 行きの判断はスケジュールドタイミングシステム<sup>[7]</sup>を利用する。スケジュールドタイミングシステムではビーム 1 発毎の行先管理がされている。MLF インヒビット発報中 LogicController2 は、MLF 行き加速タイミング信号検知でビーム停止処理を行い、MR 行き加速タイミング信号検知でビーム停止解除を行う。ビーム停止には、イオン源アーク電圧の印加タイミングを、イオン源引き出し電圧 OFF の時間領域にずらし込むことによりイオン源よりビームを引き出せなくする。これは、LogicController2 が、行先に応じてイオン源ディレイタイミングに切り替えることで行っている。

#### 3.3 ビーム停止信号生成部

図 3 は MLF 制御室に設置されている MPS ユニット<sup>[8]</sup>である。左から、電源モジュール、標準ロジックモジュール 1(機器異常信号集約 Main)、標準ロジックモジュール 2(機器異常信号集約 Sub)、MLF インヒビットカスタムモジュール、標準ロジックモ

ジュール 3(MLF インヒビットカスタムモジュールからの MPS 信号集約)、E/O モジュールが挿入されている。

今回開発した MLF インヒビットカスタムモジュールは、標準ロジックモジュール 1-2 から集約された機器異常信号と、CT からのトリガ信号を受け、状況に応じて MLF インヒビット、インヒビット中のビーム検出 MPS、CT トリガ異常 MPS を生成する。生成された MPS 信号は、標準ロジックモジュール 3 にて MLF-MPS として集約する。生成された MLF インヒビット、MLF-MPS は E/O モジュールを介して光信号に変換し、LINAC に設置されているビーム停止処理部に送られる。

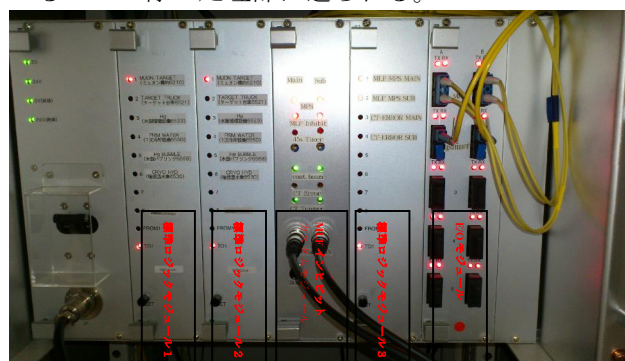


図 3 : MLF 制御室 MPS ユニット

### 4. MLF インヒビットカスタムモジュール

#### 4.1 ロジック

MLF インヒビットカスタムモジュールは、MLF インヒビットシステムを構築するにあたり、既存システムでは対応出来ないロジックを組み込んだハードウェアとして、今回新たに開発を行った。

MLF インヒビットカスタムモジュールには以下

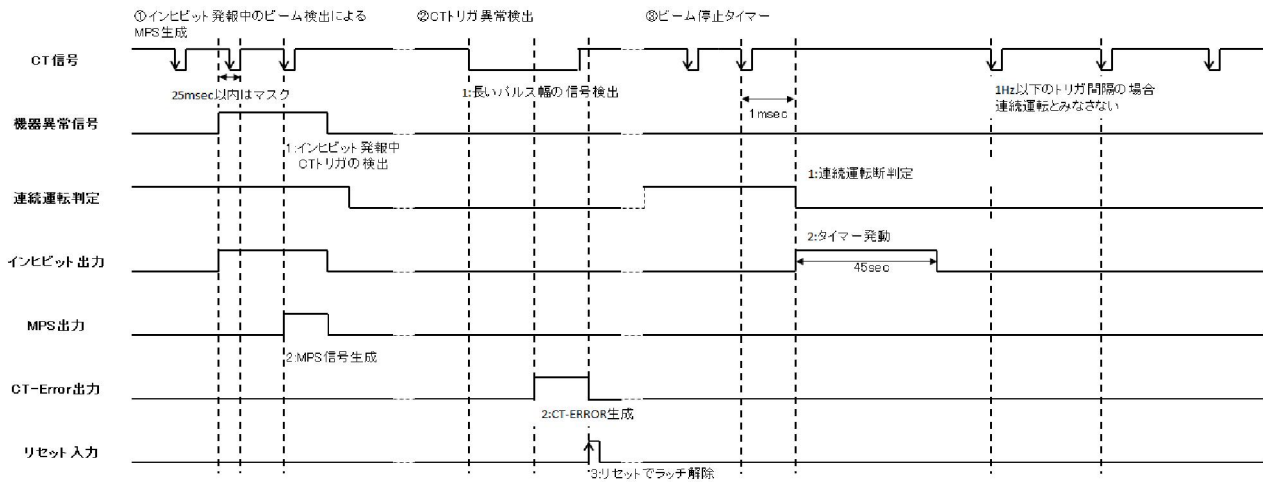


図4：タイムチャート

のロジックが組み込まれている。

① インヒビット発報中のビーム検出による MPS 生成

インヒビット中に 3NBT の CT にてビームが検出された場合に MPS を発報させる。ただし、インヒビット時にはイオン源でビームを止めるため、RCS でのビーム加速中にインヒビットが発報しても、加速中のビームを止めることは出来ない。このため、インヒビット発報後に到達してしまう可能性がある 1 ショット分のビームは許容するものとした。RCS は 25Hz=40msec 周期で運転しており、20msec 程度が RCS 加速時間である。カスタムモジュールでは、25msec 以内のビーム検出トリガをマスクし、MLF-MPS を発報させないようにした。

② CT トリガ異常検出

断線等の異常により、パルス幅が長い(1msec 以上)トリガが検出された際に MLF-MPS を発報させる。発報はラッチさせ、外部からのリセット信号入力により解除される。

③ ビーム停止タイマー

CT トリガが途絶えたらビーム停止と判断し、そこから 45sec の間インヒビットを発報する。これにより、MLF 低温水素系の安定維持に要する時間、ビーム運転再開を防ぐようにした。連続運転停止の判断は、1Hz 以上の連続運転からビームが 1sec 以上途絶えた時とした。これは、基本 25Hz で運転しているが、ビーム調整時にはシングルショットや 1Hz での運転を行う場合があるためである。

4.2 ハードウェア構成

インターロック機器としての信頼性の確保、またシンプルな論理構成であることから、汎用ロジック IC により構築した。回路は全て二重化することで、モジュール故障により異常時に発報しない等の不具合発生を減らし、信頼性を向上させている。

MLF 制御室の既設 MPS モジュールの信号を使用する事、MPS ユニットに空きスロットがある事から、MPS モジュールに共通性がある VME ダブルハイトユニバーサル基盤にて実装した。

ビーム停止タイマーの時間、連続運転の判断のビーム周期は変更があることを考慮し、トリガにて調整が出来るようにした。

5. まとめと今後の課題

2011 年 12 月より MLF インヒビットシステムの運用を開始した。これにより MR 行きのビーム運転稼働率が向上した。

今後の課題はビーム停止タイマーの発動状態を遠隔監視出来るようにすることである。現状、MLF インヒビットカスタムモジュールの状態表示は、現場での LED 表示のみである。これにより、ビーム停止タイマーの終了を中央制御室で確認出来ない状態にある。

遠隔監視が可能となることで、これまで運転員が自己判断していたタイマー終了のタイミングが、即座に視覚的にわかるようになる。これにより MLF 行きビーム運転再開までの時間の短縮、すなわち MLF へのビーム供給稼働率の向上が期待出来る。

参考文献

- [1] 榊 泰直, 「J-PARC リニアックの運転・管理用インターロックシステムの構築」第 31 回リニアック技術研究会 P119 (2006)
- [2] 榊 泰直, 「J-PARC LINAC 用高速インターロックシステムの設計」JAERI-Tech 2004-021
- [3] 榊 泰直, 「機器保護用高速インターロックユニット試作機の性能試験」JAERI-Tech 2004-022
- [4] 石山 達也, 「J-PARC リニアックの MPS の制御画面構築」第 31 回リニアック技術研究会 WP34 (2006)
- [5] 鈴木 隆洋, 「J-PARC LINAC/RCS における MPS サブシステムの開発」第 5 回日本加速器学会 TO02
- [6] 鈴木 隆洋, 「J-PARC LINAC/RCS における MPS サブシステムの開発 2」第 8 回日本加速器学会 MOPS085
- [7] 田村 文彦, 「J-PARC のタイミングシステム」第 1 回日本加速器学会 P677
- [8] 三菱電機(株), 「機器保護インターロックシステム仕様書」JEXT-3043-8015