

J-PARC MR MPS におけるビームアボートシステムのアップグレード

UPGRADE PLAN OF BEAM ABORT SYSTEM IN J-PARC MR MPS

木村琢郎^{#, A)}, 佐藤健一^{A)}

Takuro Kimura^{#, A)}, Kenichi Sato^{A)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

Abstract

J-PARC Main Ring (MR) is there are two modes of operation of the fast extraction (FX) and slow extraction (SX).

When Machine Protection System (MPS) occurs, the accelerator safely stop the beam operation, the beam is extracted to the abort dump at scheduled timing. We are planning the introduction of immediate abort system for large equipment of the impact on the beam operation in FX. We introduced the SX Abort system in the summer shutdown in 2015 in SX. We are planning to upgrade the SX Abort system. In this paper, in order to further improve the safety of the accelerator and experimental facilities, we are planning during the summer shutdown of 2016, report on the upgrade of the abort system of each operation mode.

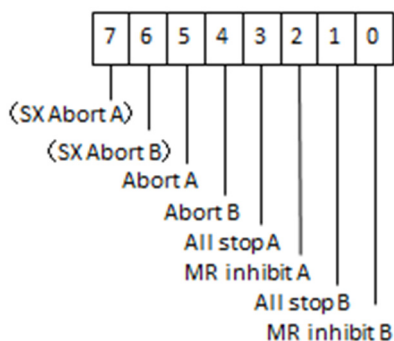


Figure 1: Current of the MPS signal.

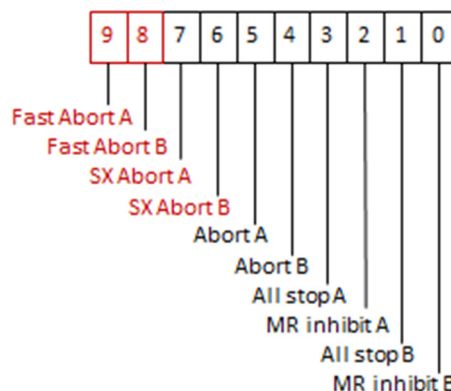


Figure 2: Upgrade of the MPS signal.

1. はじめに

J-PARC の Main Ring (MR) では速い取り出し (FX) と遅い取り出し (SX) の2つの運転モードが存在する。MRの機器のインターロックにより Machine Protection System (MPS) が発報した際、加速器は安全にビーム運転を停止し、ビームはスケジュールされたタイミングでアボートダンプに取り出されることにより安全性を担保している。これまで FX では MPS が発報した際、加速器の運転周期の中でスケジュールされたタイミングでビームアボートを行っていたが、ビーム運転に影響の大きい機器については即時アボートシステムの導入を計画している。一方の SX では 2015 年の夏期シャットダウンにて遅い取り出しを中止し、スケジュールされたタイミングで残ったビームのアボートを行う SX Abort システムの導入を行った。この SX Abort システムはビーム運転にて有効性が示されたため、さらなるアップグレードを計画している。本稿では、加速器や実験施設の安全性をより向上させるために、2016 年の夏期シャットダウン中に計画される、それぞれの運転モードに合わせたアボートシステムのアップグレードに関して報告する

2. MPS 信号の拡張

MR の MPS は各電源棟及び実験施設に設置された MR MPS と BLM MPS にてインターロック信号を集約したうえで第 3 電源棟の MR MPS で集約される[1]。現在 MPS では入力されたインターロック信号を FPGA で論理処理を行うことで 4 種類 (A 系 B 系の 2 系統) の 8 つの信号を取り扱っている。この Figure 1 に示す MPS 信号は、J-PARC のすべての加速器のビーム運転を停止させる All stop 信号、MR のビーム運転を停止させる MR inhibit 信号、MR のビームをスケジュールされたタイミングで破棄を行う Abort 信号、2015 年秋から導入された、遅い取り出しを中止する SX Abort 信号である。

2016 年の夏期シャットダウンでは新たに FX 運転中に機器のインターロックが発報した際に即時ビームアボートを行う Fast Abort 信号の導入を行う。MPS 信号は Figure 2 に示す通りとなる。MPS 信号を増加させるため、FPGA の論理処理の拡張を行う必要があるが、2015 年に開発 2016 年から運用を開始した新 CPU ボードにより対応が可能である[2]。これに加え SX Abort 処理を行う機器を

[#] kimurata@post.j-parc.jp

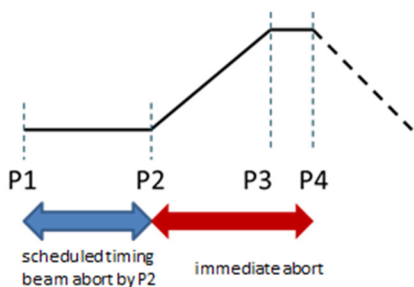


Figure 3: Fast Abort processing timing.

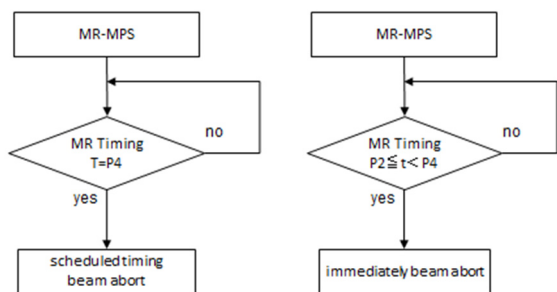


Figure 4: Scheduled Abort and Fast Abort flow by MPS signal.

増加させるため各電源棟には Fast Abort, SX Abort 信号を出力させるボードの増設、第 3 電源棟の集約装置では 2 つの信号を入出力させるボードの増設が必要となる。

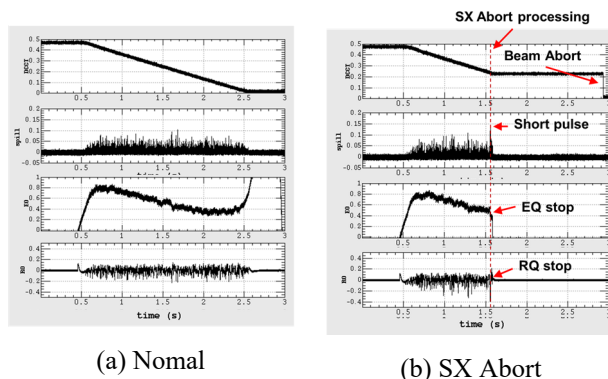
3. Fast Abort システム

Fast Abort システムは、かねてより MR および実験施設の安全性をより向上させるため導入を検討されてきたが、MPS 新 CPU ボードの運用により MPS 信号の増設が可能になったこと、また速い取り出し用低磁場セプタムの開発[3]により導入が可能となった。Fast Abort システムは Figure 3 に示す MR の運転周期に合わせて動作するよう調整を行っている。MR へのビーム入射(P1)から加速開始(P2)までの区間ではインターロックが発報した際は P2 タイミングまで待機したのち Fast Abort 信号を取り出し機器に出力する。P2 からビーム取り出し(P4)までの区間ではインターロックが発報しだい即時に Fast Abort 信号を出力する。これらの Fast Abort 信号の出力を行うタイミングの処理については MPS 集約装置にて MR の運転周期の同期をすることで適切に行う。

Fast Abort システムは Figure 4 で示す通り従来のスケジュールされたタイミングのビームアポートと併用して運用を目指している。また Fast Abort の対象となる機器(ビームロスに直結する主電磁石電源、RF 電源を予定)や信号出力タイミング等は 2016 年秋以降のビーム試験で調整を行いビーム利用運転での運用を開始する。

4. SX Abort システム

SX Abort システムは 2015 年秋より運用が開始されている。Figure 5 に SX Abort の動作を示す。(a)が通常の



(a) Nomal (b) SX Abort

Figure 5: Examples of SX Abort processing.

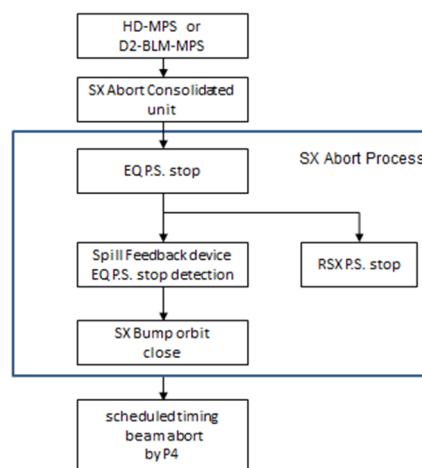


Figure 6: Current of the SX Abort process flow.

SX 運転を示している。1 段目の DCCT と 2 段目の取り出しビームを見ると 2 秒程でビームが取り出されている様子がわかる。3, 4 段目は遅い取り出し機器の出力電流である一方(b)は HD にて取り出しビームの瞬間的増大を検出して MPS が発報した際の SX Abort による遅い取り出し中止の様子である。SX Abort により遅い取り出し機器の電流が停止し、取り出しが中止して MR 内を周回したビームが P4 タイミングでビームアポートされていることがわかる。この様に SX Abort が安全性向上のために有効であることが示されたため、さらなるアップグレードを行う。Figure 6 に現在の SX Abort システムの流れを示す。まず SX Abort を行うのは HD の MPS 及び SX エリア(D2)の BLM の MPS 発報時だけであるが、これに主電磁石電源や RF 電源、遅い取り出し機器のインターロック発報時も SX Abort を行うよう対応機器を増加させる。また SX Abort システム導入の経緯から遅い取り出し機器である EQ 電源を中心に遅い取り出し停止していく流れになっているため、遅い取り出し機器を並行して停止していくように変更を行う。さらに主電磁石のチューンランプも停止できるよう改良も行う。アップグレード後の SX Abort システムの流れを Figure 7 に示す。さらに追加する SX Abort 対応機器に停止する遅い取り出し機器自身のインターロックも含まれるようになる。このためデッド

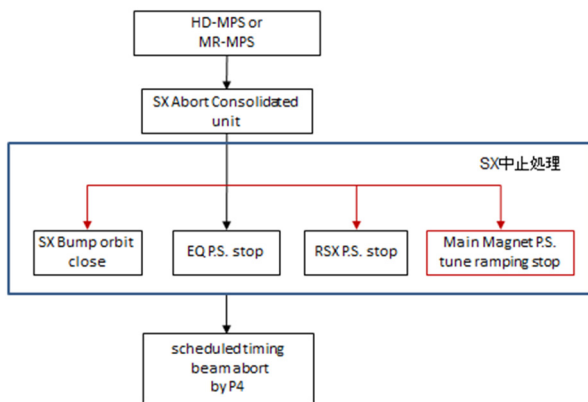


Figure 7: Upgrade of the SX Abort process flow.

ロックを避ける必要がある。Figure 8 に示すとおり SX Abort 信号集約装置にてタイミング信号を用いることでビーム運転停止時には SX Abort 信号を遮断する機能を追加することによって円滑に各機器の復旧を行えるようにする。SX Abort システムアップグレードの運用に関しても 2016 年秋以降のビーム試験にて調整を行う。

5. おわりに

2016 年夏期シャットダウン中に拡張を行う MPS による 2つのアボートシステムについて紹介した。これらアボートシステムが導入されることにより加速器や実験施設の安全性をより向上させることが期待される。今秋以降のビーム試験を通じて適切に運用できるように調整を行うことにより、さらなる安全性向上をめざす。

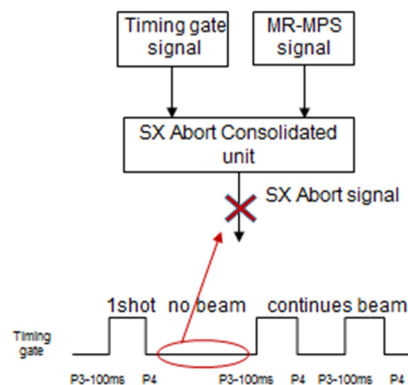


Figure 8: SX Abort signal shutoff function.

参考文献

- [1] T. Kimura *et al.*, “J-PARC MR の MPS 装置の異常発生と対策”, Proceedings of the 12th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Tsuruga, August 5-7, 2015, WEP104 p.770-773
- [2] H. Nakagawa *et al.*, “J-PARC MR MPS 装置の紹介とそこから派生されることの提案”, Proceedings of the 12th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Tsuruga, August 5-7, 2015, FROL13 p.215-217
- [3] T. Shibata *et al.*, “J-PARC-MR アップグレードのための新しい速い取り出し用低磁場セプトラム電磁石の開発”, These proceedings