

OUTLINE OF THE J-PARC MR CONTROL SYSTEM (PLAN)

J.Odagiri^{A)}, T.Katoh^{A)}, N.Kamikubota^{A)}, K.Kudo^{A)}, Y.Takeuchi^{A)}, J.Chiba^{A)},
M.Tomizawa^{A)}, H.Nakagawa^{A)}, K.Niki^{A)}, K.Furukawa^{A)}, N.Yamamoto^{A)},
Y.Kato^{B)}, H.Sakaki^{B)}, H.Takahashi^{B)}, F. Tamura^{B)}, M. Tanaka^{B)},
H.Yoshikawa^{B)}, K.Watanabe^{B)}, S.Yoshida^{C)}, M.Takagi^{C)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization

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

^{B)} Japan Atomic Energy Research Institute

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

^{C)} Kanto Information Service Co.Ltd.

Abstract

J-PARCの3台の直列接続された加速器を軸に様々な所からビームを取り出し、素粒子実験、原子核実験、物性実験などに利用するが、そのために各加速器の動作管制は複雑である。この制御系のためにEPICSの下で動く計算機群や様々な保安処置の為のMPSやPPSと呼ばれるシステムとタイミング装置がある。これらのMRでの利用方法と機能を説明し、現在計画しているJ-PARCのMRの制御システムの紹介を行う。

J-PARC MR Control System 概要 (計画)

1. はじめに

J-PARCは3台の直列接続された加速器を軸に、様々な場所からビームを取り出し、素粒子実験、原子核実験、物性実験など幅広い分野の実験研究の利用のためにビームを供給する。そして、その実験をより順調に進めることができるように、世界最大級のビームパワーのビームを発生させる。

当然、人的安全、機器的安全を確保しつつ、可能な限り大きな稼働率を実現させることが望ましい。そこで、加速器制御に様々な要求が発生し、往々にして、立場、価値観などのために要求の優先順位が異なり、時として要求の両立が困難な場合も生じる。そこで、現在考えている制御方針の案を発表し、

いろいろな人の意見を聞くとともに、制御の方針を理解してもらい、また、不十分なところの洗い出しを行うために以下の報告を行う。

この報告は、機器の観点からではなく、加速器の運転という観点から、様々な機器(概念)の繋がりを中心に具体的な運転を想定して記述する。

2. 制御の主要機能

この計画では制御の機能をいくつかのブロックに分け各部を独立に構成しつつEPICSのレコードデータに情報を集約し全体を纏め上げる。各部位としては制御用計算機群、人的安全装置(PPS)、機器安全装置(MPS)、タイミング装置、ネットワーク系などからなる。[1]

2.1 計算機群とネットワーク

IOCと呼ばれる機器に対する入出力を司るVME計算機群を中心として構成され、OS(カーネル)としてはVxWorksまたはLINUXを使う。この上で、EPICS 3.14版のIOCと呼ばれる一群のプログラムを動かし、

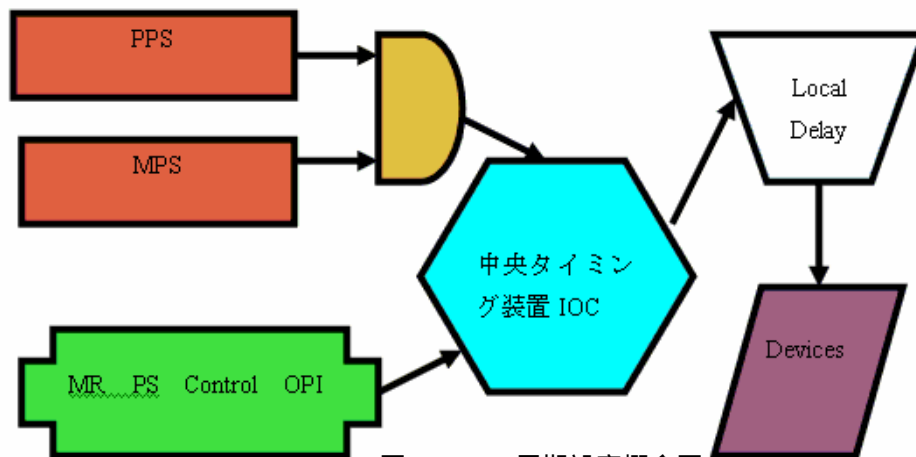


図1: MR 周期設定概念図
矢印はEPICS Records

電源装置やモニタなどの管理を行う。このためにPLCのドライバプログラムやWEドライバプログラムなど様々な操作手段を開発しつつある。[2]

J-PARCのMRではこの計算機群と制御対象をイーサネット(100Base-TX)で結び、対象機器群とは信号渡しではなく情報渡しとする。

オペレーション用のヒューマンインターフェースのためにOPIと呼ばれるグラフィック端末となる計算機群がり、IOCと多対多の結合を行い、複数の作業を並行して行うことができるように構成する。

これらを後方支援するための様々なサーバ計算機群(DB,MATH,LOGIC,INFORMATION etc.)を設置する。これらは、OPI、IOCとギガビットイーサネットで接続される。

2.3 人的安全装置(PPS)

加速器室と実験エリアへの人の出入りを管理し加速機運転上の人の安全を確保する。そのために、3段の加速器と実験エリアをそれぞれ隔壁で区切り、分離管理し、電源装置の管理とプラグの管理で、分離されたエリア毎の安全を担保する。[3]

論理装置としてPLCを使うが、最高度の安全性が要求されるために、装置を2重化する。各エリアや、加速器ごとに先装置を持つが、独自のネットワークを持つ。

ビーム ON/OFF の要求と各エリアの様子、電源装置の様子を確認し、ビームを配分するエリアを決定し、ビームの ON/OFF をする許可を出す。

2.3 機器安全装置(MPS)

機器の動作状況とビームや、その損失を監視し、加速器の全体的な調整不良や機器の異常などを検知するとビームを止める操作を行う。

「止める操作」の規定は難しく、異常加速器の範囲なのか加速器全体なのか、現在も議論が続いている。

MRの場合、下流の実験エリアの異常でも対策を行う必要がある。加速器の異常でも、実験エリアの異常でも加速器(MR)内のビームをアポート装置

に捨て、次の周期から、MRにビームが来ないように依頼を出す。

入力条件は機器の異常、下流の異常、ビームロスの増大、RFが位相の異常を検出したときである。

出力はビームアポート信号とMR異常信号であり、応答速度は10マイクロ秒程度を考えている。ビームロスを検出した場合、ビームの90%以上をアポートラインに送る。それ以外では、100%を目標にする。

2.4 タイミング装置

ビームの配分を調整し、各電源装置の動作タイミングを指示し、複数のモニタ装置のデータを取るタイミングをそろえる操作などを行う。[4]

通常の連続的運転用のタイミング情報を出す以外に、試験調整用にワンショット加速をしたりできるように作られている。

基本的にMRの周期に基づき動く。

3. 加速器運転(MR)

以上の装置を組み合わせる加速器の運転を実現するのであるが、配慮しなければならない様々な問題点がある。MRを対象とした問題点を考えながら、運転方法の説明を行う。

3.1 周期の変更と影響

現在も調整中であり、各機器の担当者が検討中なのだが、MRの周期は大きく変化する。表1で検討中の様々な案を示す。(まだ製造が決定していない装置もあり、不確定である。)

具体的には、MRの主電磁石の電流パターンを作るときに、表1の値をそれぞれ選び、対応するEPICSのレコードに設定する。それをもらったプログラムが運転モードと空撃ちの条件も加味し、適切か判断する。正常なら、すべての電磁石の電流パターンを決定する。

その後、全体の変更指示で、上で決定した値をタイミングユニットに送り設定値を有効にする。また、

	空撃ち	入射	加速	取り出し	磁場下げ	周期
40GeV Slow	< 0.9	0.2	1.9	0.6	0.9	3.6
40GeV Fast	< 0.9	0.2	1.9	0.1	0.9	3.1
40GeV Slow	< 0.9	0.6	1.9	0.6	0.9	4
40GeV Fast	< 0.9	0.6	1.9	0.1	0.9	3.5
30GeV Short	< 0.9	0.6	1.4	0.6	0.9	3.5
30GeV Middle	< 0.9	0.6	1.4	2	0.9	4.9
30GeV Long	< 0.9	0.6	1.4	7	0.9	9.9

表1: 様々な周期の例、未確定サンプル

様々な機器のタイミングの設定は表1の内の適切な値からの相対値(+・-)で記述しておき、基本的な設定の変更に基づき EPICS で計算し、そろって変化するように構成する。

3.2 モード

ビームを出してもいいエリアを PPS で決定し、それがビームを出すことを要求されているエリアよりも広いとき、MPS に異常がないときは要求されているエリアにビームを送る。出してもいいエリアの方が狭いときは PPS で許される範囲にビームを供給する。この決定が自動で行われるべきか、手動にすべきか議論中である。またその遷移時にビームを出して良いかも問題となっている。

MRの場合、供給先が2箇所あるが、まったく独立であり、運転エリアの変更時にもビームの途切れることのない方法を採用したいと考えている。

3.3 補正

軌道や収束性が時間経過により変化し、ビーム供給に悪影響を及ぼすのを避けるために、必要に応じて様々な調整を行う。

原因は温度変化や、電源電圧の変動、加速器構造体の変形など様々であり、様々な研究発表がある。考えられる原因の周期などから考えると1時間に1度自動的に補正することを検討する論理装置を構築したいと考えている。方法は未確定であるが、位置データやチューンの平均値が決められた範囲を逸脱したときにSADを決まった条件で駆動し、補正操作を行うなどである。

3.4 調整操作

加速器の運転初期では様々な誤差の関係で設定条件が適切でない状況が発生し、自動のビーム停止がMPSに基づき発生することが想定される。そこで、本当の初期では、ビーム強度を下げて運転するのだが、本来の目的が大強度加速器であり、微少強度の調整だけではすまない。

そこで、間欠運転を行う手段をタイミングシステムに設定した。

一加速運転 = 測定 考える = ビーム停止

ということで、平均損失を小さくすることで調整運転時の加速毎の損失許容値を大きくし調整の容易さを確保する。ただし、この種の加速器は毎加速のばらつきも問題となるため、パースト測定と長時間休止も実現したいと考えている。「測定データの平均や分散も考慮した高度な分析のために時間をかけてください」という方針である。

MRだと、一度測定し1分ぐらい考えると損失の割合が1/10程度になり、平均損失値を一定と考えるなら、連続状態に比べると10倍程度の強度での

調整や加速器研究が可能になると考えている。

4. 修正したい概念

加速器のMRを中心に考えた周期の場合、従来、後ろの空き時間を使っていたように考えていた空撃ちを先頭にしたい。この間に異常が検出されたときにその周期の加速をやめるという考えである。「次をやめる」と比較し判りやすい。

それと同時に、空撃ち時間を明確に定義し、主電源の磁場のたち下がり時間と比較し決定される方式をとる。

空撃ち | 入射 | 加速 | 取り出し | 磁場下げ

この「磁場下げ」の途中で次の空撃ちが始まるが3.1で示した周期決定の方法で、矛盾が生じないように調整する。

5. まとめ

人により安全性や合理性に関する価値観に相違があり妥協点を探すのが難しい。また、現時点では妥協せざるを得ないが、近未来に修正の要求が出るのが予測される点に関しては、可能な限り柔軟な拡張を行えるシステムを作るように努力している。

その中で、調整技術などに関して人工知能的制御の研究の成果を活用し、また、その種の研究対象としても有効なシステムを確立したいと考えている。

参考文献

- [1] 加藤直彦, et al., “J-PARC全体制御システム”, Proceedings of 第1回日本加速器学会年会 in Japan, 千葉県船橋市, Aug. 4-6, 2004
- [2] 高橋博樹, et al., “3GeV RCS制御システムの概要”, Proceedings of 第1回日本加速器学会年会 in Japan, 千葉県船橋市, Aug. 4-6, 2004
- [3] 廣木文雄, et al., “J-PARC LinacにおけるPPS”, Proceedings of 第1回日本加速器学会年会 in Japan, 千葉県船橋市, Aug. 4-6, 2004
- [4] 田村文彦, et al., “J-PARCのタイミングシステム”, Proceedings of 第1回日本加速器学会年会 in Japan, 千葉県船橋市, Aug. 4-6, 2004