

SUMMARY OF 3GeV RCS CONTROL SYSTEM

H. Takahashi^{1,A)}, H. Sakaki^{A)}, H. Sako^{A)}, H. Yoshikawa^{A)}, Y. Kato^{A)}, M. Sugimoto^{B)}, M. Kawase^{C)}

^{A)} Japan Atomic Energy Research Institute

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

^{B)} Mitsubishi Electric Control Software Co., Ltd.

1-1-2 Wadamisakichou, Hyougo-ku, Kobe-shi, Hyougo, 652-8555

^{C)} Accelerator Engineering Center, Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd.

2-8-8 Umezono, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0045

Abstract

3GeV RCS send the beam of a different parameter to both the institutions of MLF and 50GeV MR. Therefore, 3GeV RCS Control System is required to supervise by distinguishing the beam for every institution correctly. Moreover, since a parameter change is made during continuation operation, without suspending an accelerator, it is required that the beam loss by operation should be reduced as much as possible.

This report shows the examination and design situation of 3GeV RCS control system that aim at these realizations.

3GeV RCS制御システムの概要

1. はじめに

大強度陽子加速器を用いた科学技術の展開を図るために、原研とKEKは「大強度陽子加速器計画（J-PARC計画）」を共同で推進している。施設は原研東海研究所内に建設中である。J-PARCはLinac、3GeV RCS、50GeV MRの加速器とL3BT、3NBTのビーム輸送系、MLF、原子核素粒子施設の利用施設からなる多目的利用の施設である。

3GeV RCSはLinacからのビームを3GeVまで加速し、3NBT-MLFと50GeV MRの両施設に、それぞれ異なるパラメータのビームを送る。よって、3GeV制御システムでは、いずれの施設に送るビームかを正確に区別して監視・操作を行うことが必要である。また、一般的な加速器同様に、パラメータの調整等がビームを停止することなく連続運転中に行われることも考えられるため、操作によるビームロス可能な限り低減することも必要である。

本報告では、これらの実現を目指す3GeV RCS制御システムの検討・設計等の現状について報告する。

2. 3GeV RCSビーム周期

3GeV RCSの代表的なビーム周期の例を図1に示す。

3GeV RCSは25Hz（40ms）で運転され、そのうち3GeV RCSが必要とする加速時間は20msである。J-PARCの運転周期は50GeV MRの運転周期を基準に考えられており、図1に示すように3NBT-MLFと50GeV MRの両施設にビームを送る運転モードの1周期(MR周期)は3.64秒(91ビーム)である。そのうち3.48秒(87ビーム)は3NBT-MLFに、0.16秒(4ビーム)は50GeV MR施設にビームを送る[1]。

3. 制御システム

それぞれの施設が要求するビームのパラメータがパルス毎に異なるため、いずれの施設に送るビームかを正確に区別して監視・操作を行うことが3GeV RCS制御システムには要求される。この要求実現には、機器情報データが同時性・同期性をもったものであることが必須である。

しかしながら、J-PARCではEPICSを用いてLANで機器と上位制御系間のデータ通信を行うため時刻保証することが出来ず、上位制御系が機器情報を受信した時間が、その瞬間の機器情報である保証が全くない。

3GeV RCS制御システムにおいては、時間の同時性が保証されないLANを利用したハードウェア構成において、同時性制御を実現するシステムを設計することが重要となる。

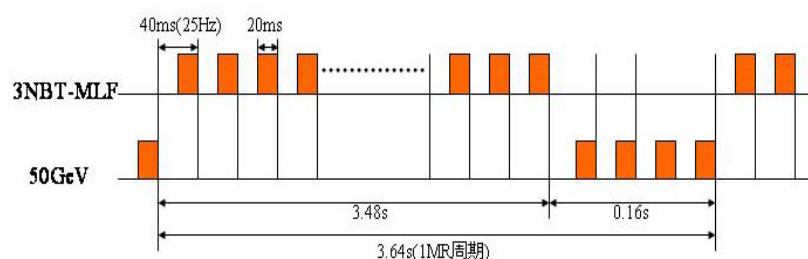


図1 3GeV RCSビーム周期の例

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

3.1 監視（モニタリング）

加速器の運転に際しては、機器のステータス情報等の収集・監視が行われるが、モニタ値を例に、現在検討を行っている3NBT-MLFビームと50GeVMRビームのデータかを混同することなく監視するための方法を説明する。

もし、どの施設に送られるビームのデータかが正確に区別されなかったならば、パラメータの異なるビームのモニタ値が混在したデータが、あたかも、ある1つのビームのモニタ値であるかのように表示される。そして、その区別されないデータをもとに行われる電磁石の電圧変更、パターン変更等の操作は、本来行われるべきではない施設側の操作となる可能性がある。

整理前データ（収集データ）

EPM1			EPM2			EPM3			EPM4		
Tag	Time	Value	Tag	Time	Value	Tag	Time	Value	Tag	Time	Value
5	200	1	7	280	1	5	197	2	1	41	6
6	240	2	8	320	1	6	237	3	2	81	6
7	280	3	9	360	1	7	277	3	3	121	5
8	320	4	10	400	3	8	317	6	4	161	4
9	360	5	11	440	4	9	357	9	5	201	8
10	400	3	12	480	5	10	397	9	6	241	9
11	440	2	13	520	5	11	437	4	7	281	2
12	480	5	14	560	7	12	477	3	8	321	4
13	520	4	15	600	4	13	517	3	9	361	3
14	560	1	16	640	5	14	557	2	10	401	2

整理後データ

EPM1			EPM2			EPM3			EPM4		
Tag	Time	Value	Tag	Time	Value	Tag	Time	Value	Tag	Time	Value
1	40	3	1	40	3	1	37	8	1	41	6
2	80	2	2	80	4	2	77	6	2	81	6
3	120	1	3	120	5	3	117	4	3	121	5
4	160	5	4	160	3	4	157	2	4	161	4
5	200	1	5	200	3	5	197	2	5	201	8
6	240	2	6	240	8	6	237	3	6	241	9
7	280	3	7	280	1	7	277	3	7	281	2
8	320	4	8	320	1	8	317	6	8	321	4
9	360	5	9	360	1	9	357	9	9	361	3
10	400	3	10	400	3	10	397	9	10	401	2

図2 モニタデータ整理の概念

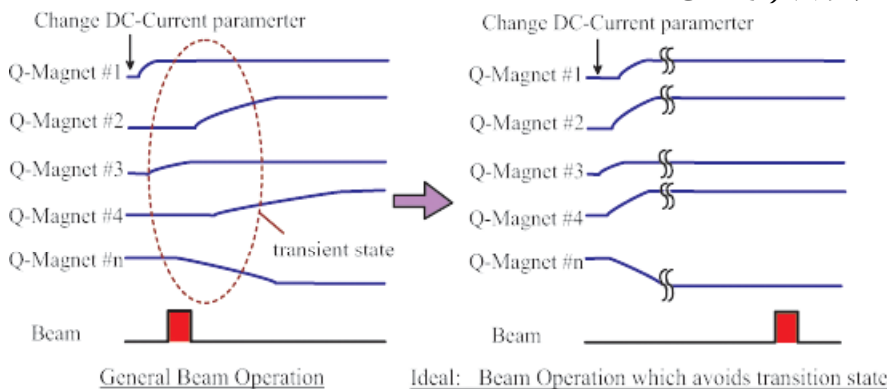


図3 同時操作の概念

そこで、それぞれのビームのモニタ値にビーム番号（ビームタグ）と時間情報をつけることで、どの施設に送られるビームのデータかを区別する方法を検討している。

ビーム番号は、モニタ機器がデータ収集を開始するトリガ（タイミング信号）のカウンタ値とし、時間情報は、モニタ機器がもつ時間（ms）とする。モニタ機器は、この2つの情報をモニタ値に取り付け、数秒間のデータ配列としてレジスタ上等に保管する。3GeV制御システムは、全モニタ機器上のデータ配列を読み込み、ビーム番号を基準にデータの整理（並び替え）を行う。これにより、ビーム番号毎に整理されたデータを表示等が可能となる。さらに、同ビーム番号のデータが40ms内（3GeV RCSの1周期内）であることを時間情報より確認することで、ビーム番号の数え落としエラーをチェックし、より信頼できるデータとすることが可能となる。図2にデータ整理の概念を示す。図は、データはBPM1,2～BPM53,54の場合について示したものである。整理前はそれぞれのBPMのデータの順序が、上位計算機が収集した時間順で並んでいるためビーム毎には区別されていないが、整理後は（BPM54を基準にして）ビーム番号（Tag）を使用して並び替えが行われたため、ビーム毎に区別されたデータとなっている。

3.2 操作

操作においては、パラメータ変更等が、加速器を停止することなく連続運転中に行われることから、操作によるビームロス可能な限り低減することが重要である。

前述のように、J-PARCではEPICSを使用し、LANを介して操作が行われ、上位計算機（OPI）からの操作命令が、各機器のInput/Output Controller（IOC）に送信されることで、各機器が動作する。LANを介して操作が行われるため、OPIからの操作命令が、操作対象となるIOC全てに同時に受信され、機器が同時性を確保した動作を行うことは保証されない。例えば、Q-Magnetの電流パラメータ変更操作を行った場合、各々のQ-Magnetはそれぞれが変更操作命令を受信したタイミングでパラメータ変更を行うため、Q-Magnet全てが同時に（同期性をもって）パラメータの変更が行われない（図3.

General Beam Operation）。全てのQ-Magnetのパラメータが変更されるまでの過渡状態においては、シミュレーション等で想定されないビームロスが生じる。この場合1回のQ-Magnetの電流パラメータ変更操作におけるビームロス量は実際には少ないかもしれないが、ビームロスは全てのQ-Magnet電流パラメータ変更操作時に生じるため、長期間でみたビームロス量は多くな

ると考えられる。さらに、Q-Magnet以外の機器におけるパラメータ変更操作時にも同様のことが考えられるため、ビームロス量はさらに多くなり、施設は想定よりも放射化されると考えられる。

このビームロスを可能な限り低減するために、機器操作を、同期性をもって行うことが必要となる。この実現の方法として、それぞれの機器動作について、モニタと同様に、ビーム番号（ビームタグ）と時間情報を活用し、同期性を持った機器操作の検討をしている。

各機器はタイミングシステムから送信される動作トリガにより1パターンの動作を開始する。この動作トリガを機器（IOC）がカウントする。上位制御系（操作計算機）は、操作直前に機器から現在のカウント値を読み取る。そして、現在のカウント値とLANの通信状態を考慮し、「現在のカウント値 + (数カウント ~ 数十カウント) にカウント値になった時 (なった直後) にパラメータの変更を行う」という操作命令を各機器（IOC）に送信する。これにより、各機器のパラメータ変更の同時操作が可能となると考えられる（図3. Ideal）。

また、時間情報を利用し、操作前にカウント値が全操作対象機器で合っているか（トリガカウントミスが無い）を確認することで、より確実な同時性を確保する。

4．構成と現状

3章で述べた監視・操作を実現する3GeV RCS制御システムの構成概略を図4に示す。制御システムは、上位計算機（OPI）、各機器（IOC:VME）、データベースシステム、及び、操作制御WSで構成される。

まず、監視の場合について述べる。

機器（IOC）は、LANによるデータ送受信においては、絶対時間が保証されないこと、及び、周期性が保証されないことを考慮し、数秒間の25HzモニタデータをIOC上のデータレジスタに保持する。

運転データデータベースシステム（運転DB）は、ポーリングによりIOCに保持されている数秒間分のモニタデータ等を収集する。収集したデータを、ビーム番号、及び、時間情報から同ビーム毎のデー

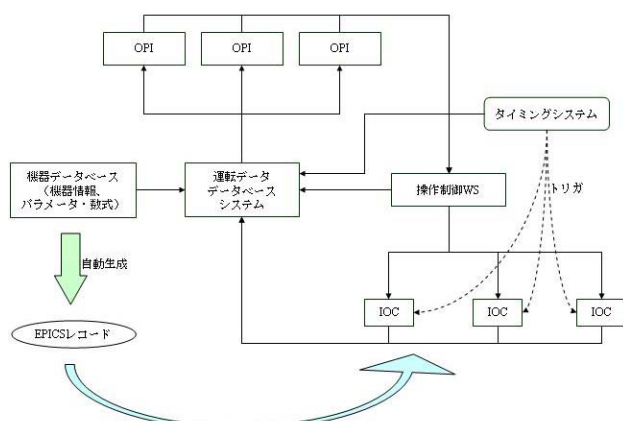


図4 3GeV RCS制御システムの構成概略

タとして整理し、さらに、タイミングシステムのタイプ情報をもとにし、3NBT-MLF、又は、50GeV MRのどちらの施設に送られたビームのデータかを区別して記録する。

OPIには、運転DBで整理され記録されているデータから、MLFと50GeV MRの各施設に送られたビームのデータを読み出すことで、パラメータの異なるビームが混同して表示されることなく、MLFビーム用と50GeV MRビーム用の画面を表示する。

次に、操作の場合について述べる。

OPIからの操作は、操作制御WSに送られる。操作制御WSは、運転DBのデータ等から要求された操作が適切かの判別を行う。適切な場合、操作制御WSは操作対象機器（IOC）から、現在のビーム番号及び時間情報を収集し、ビーム番号の同期性を確認する。もし、数え落とし等ある機器があった場合は、その機器のビーム番号の補正を行う。そしてビーム番号の同期性が確認された後、操作対象機器に対して、「ビーム番号：XX後にパラメータ変更」の命令を送信する。これにより、対象機器のパラメータは同期して変更されることとなる。また、これらの操作は、運転DBに操作履歴として記録される。

一方、各機器の機器情報を記録する機器データベース（機器DB）は、各機器のIO情報などから、EPICSレコードの自動生成を行う。このレコードを使用してIOCは動作することとなる。既に、3GeV RCSキッカ電磁石電源において、自動生成されたEPICSレコードを使用し、監視・操作を行った。また、機器DBに記録されている機器パラメータ等は、運転DB及びOPIに反映される。

現在、特にデータ量が多いと考えられるモニタ、同期操作が必要と考えられるパターン電源の、送受信データ量、動作パターンから、ネットワーク負荷、ハードウェア負荷等の概算を行っており、今回示した構成で実現可能かを検討している。

5．まとめ

監視、及び、操作の同時性・同期性を確保するための3GeV RCS制御システムについての検討状況について述べた。今回報告した方法の他に、EPICSレコードを利用した方法、ハードワイヤで同期操作を行う方法等も検討しており、それぞれのシステムの比較検討を行い、2004年度中に最適な3GeV RCS制御システムの選定と設計を行う予定である。また、機器DBについてはEPICSレコード自動生成については、その動作確認を行っている。今後は、ハードウェア面のみならず、ソフトウェア面、及び、ハード、ソフトを合わせた制御システムの信頼性等についても検討を進め、2005年9月完成を目指して、設計・製作を行う予定である。

参考文献

- [1] F.Tamura, et al., "J-PARC TIMING SYSTEM", Proceedings of ICALEPCS2003 in Korea.
URL: <http://icalepcs2003.postech.ac.kr/>