

# J-PARC LINAC/RCS における波形データ同期システムの構築

## DEVELOPMENT OF DATA SYNCHRONIZATION SYSTEM FOR THE LINAC/RCS IN J-PARC

川瀬雅人<sup>#, A)</sup>, 高橋博樹<sup>B)</sup>, 加藤裕子<sup>B)</sup>, 菊澤信宏<sup>B)</sup>, 大内伸夫<sup>B)</sup>  
Masato Kawase<sup>#, A)</sup>, Hiroki Takahashi<sup>B)</sup>, Yuko Kato<sup>B)</sup>, Nobuhiro Kikuzawa<sup>B)</sup>, Nobuo Ouchi<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd.

<sup>B)</sup> Japan Atomic Energy Agency / J-PARC Center

### Abstract

The data acquisition in J-PARC LINAC/RCS are two methods of data archiving of polling data via EPICS Channel Access and synchronized waveform data. The synchronized waveform data are collected by several Wave Endless Recorders (WER). The WER counts the trigger number and holds waveform data in a ring buffer memory. We developed a Trigger Counter in order to manage the trigger number of each WER and synchronize the trigger number of each WER via LAN. At present, in order to install the waveform data synchronization system, we carried out verification using the timing test bench.

This report presents about the waveform data synchronization system and future plan of the data acquisition system.

### 1. はじめに

J-PARC LINAC では平成 25 年度に 400MeV へのアップグレードが行われる予定であり、平成 26 年度には RF イオン源および RFQ III のインストールなどによって段階的なビーム強度の増強が予定されている。加速器の構成機器に異常が発生した場合、機器保護システム (Machine Protection System : MPS) が発報してビームを瞬時に停止し、加速器本体へ致命的なダメージを与えないようになっている。機器異常の原因を解明し、その影響を評価するためには、MPS 発報前後のデータが必要である。特に、5 月 23 日に J-PARC ハドロン実験施設で発生した事故のように、機器異常によって 1 パルスのビームで破壊的な事象が起こるような場合、何か起こったのかを判断する材料として重要なデータとなる。このことから、トラブル原因の把握や追求が行えるようなデータ収集システムの重要性が増している。

MPS が発報した時に MPS の原因追及や状況把握が効率的に進められるよう、波形データ同期システムの構築を進めている。このため、テストベンチによるシステムの動作検証を行い、J-PARC LINAC/RCS におけるデータ同期システムを構築することを目的とする。本報告では、テストベンチによる検証結果と、今後構築するシステムの概要について述べる。

### 2. 現在のデータ収集システム

J-PARC LINAC や RCS のデータは、数秒程度のポーリングで収集するデータ、25Hz のビームに同期した速い周期のデータの 2 種類ある<sup>[1][2][3]</sup>。定期的なポーリングでのデータ収集方法は、変化が数秒単位のデータを対象としており、収集周期が 1~60 秒程度であることから、ntp サーバでの時間合わせで十分同

期が確保される。一方、速い周期での同期性をもたせたデータは、25Hz のビームとの同期が求められ、リアルタイム性が保証されない TCP/IP を利用する EPICS Channel Access では、速い周期のデータ収集を同期して行うことはできない。そのため、入力された 25Hz のトリガをカウントアップし、トリガカウント値としてビームパルスを同定できるようにしている。J-PARC では GE ファナック製 Reflective Memory (RFM2g) によるデータ収集と日立造船製 Wave Endless Recorder (WER) によるデータ収集の 2 種類ある。

#### 2.1 Reflective Memory によるデータ収集系

RCS のビームポジションモニタ (BPM) やビームロスモニタ (BLM) のデータは、25Hz のデータを全て収集する必要があるが、Ethernet を介してリアルタイムにデータを収集することは不可能である。このため、25Hz 全てのデータ収集と常時データ監視が行える収集系を可能とするために RFM2g を使ったデータ収集系を構築した。RFM2g は Ethernet とは独立した光ファイバによる Reflective Memory ネットワークを持ち、複数の独立したコンピュータがデータの共通セットを共有することを可能にするよう設計された特殊な共有メモリ・システムである。この RFM2g 上に BPM や BLM の測定データを保存しておき、Reflective Memory ネットワークに組み込まれた計算機でデータを保管していく。Figure 1 に RFM2g を使用したデータ収集システム構成図を示す。

RFM2g のレジスタ上には、ビームショット番号、トリガカウント値等の情報が伝達されている。一方、これらのデータをビーム行き先 (MLF、MR) 毎に利用するために、タイミング系からの情報だけでなく、RCS へ入射されたビームカウント値も添付す必要がある。そこで RCS のビームカウント値を日立造船製カウンターボード (Counter Board : TSCB) を用いて

<sup>#</sup> kawase-masato@melsc.jp

生成し、RFM2g 上のタイミング情報と一緒に BPM などのデータに添付し保管している。

TSCB の基本仕様は、トリガ信号入力部を 3 チャンネル、ゲート信号出力部 3 チャンネルを持つ。CH1 は 25Hz か 50Hz のトリガ信号のカウント専用であり、RFM2g レジスタのトリガカウント値と自動的に同期される。また、CH2 及び CH3 は入力されたトリガ信号をカウントするものであり、RCS のビームカウント値はここで生成される。

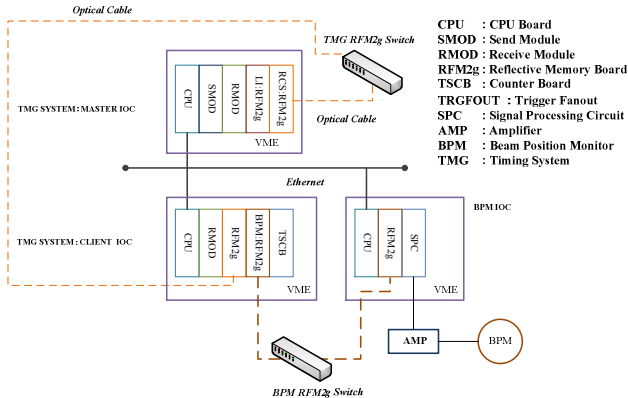


Figure 1. Data archive using RFM2g.

## 2.2 Wave Endless Recorder によるデータ収集系

電磁石電源出力パターン波形データも 25Hz のデータを全て測定する必要がある。しかしながら、これらのデータは通常の運転中では、それほど変化が見られないデータであり、通常は収集したデータを数秒間隔の定期的に監視・記録しておき、波形の異常が生じた前後のデータを記録できれば良い。このため WER を利用した収集系を構築した。WER はその内部にリングバッファを持ち、10MHz もしくは 200MHz サンプリングで波形データをトリガカウント値とともにリングバッファ上に記録している。このトリガカウント値は各 WER に入力されるトリガ信号を内部的にカウントアップするローカルなトリガカウント値である。複数台の WER で波形データを収集する際には、このトリガカウント値を同期させる必要があるため、WER のトリガカウントを同期させる日立造船製トリガカウンタ (Trigger Counter: TC) をを導入した。TC は入力されたトリガ信号をカウントアップしており、Ethernet 経由で WER が持つ内部トリガカウント値を TC のカウント値に同期させる機能を持っている。

WER は波形の異常を検出する機能があり、これをイベントトリガとして使えば、各 WER のリングバッファに記録された波形データの中から、指定されたトリガカウント値の波形データを Ethernet 経由で収集することが可能である。WER を使用したデータ収集システムの構成図を Figure 2 に示す。

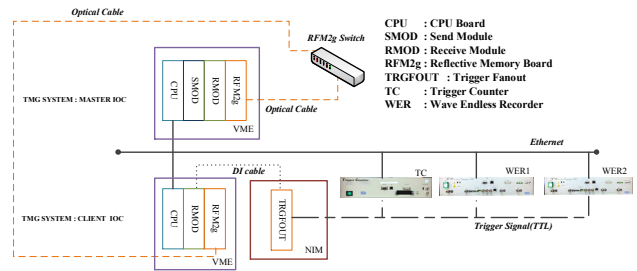


Figure 2. Data archive using WER.

## 2.3 波形データ保管の課題

RFM2g や WER での波形データ収集では、各々のデータ収集システムの中で独自にトリガカウント値をカウントアップしており、ある時刻にトリガカウント値を合わせることが出来ればデータの関連付けは可能である。しかしながら、何らかの理由によるトリガの抜けやノイズによる誤計数により、長期間の運用ではトリガカウント値のずれが生ずる。RFM2g と WER で収集したデータに関連付けは行われておらず、現在のシステムでは MPS 発報の厳密な因果関係の解明は困難である。このため、各測定系で共通のトリガカウント値で同期したデータ収集系の構築が求められている。

## 3. テストスタンドでの検証

各測定系でのトリガカウント値の同期の必要性は開発当初から予想されていたため、RFM2g のトリガカウント値合わせで使用している TSCB には、TC のトリガカウント値を同期させる機能が組み込まれている。今回、この機能の有効性を検証するために、テストベンチを構築し、動作検証を行った。テストベンチの構成を Figure 3 に示す。

上述の通り、TSCB 及び TC は以下の機能を有する。

- TSCB: TC のトリガカウント値を TSCB CH1 のカウント値に同期させる
- TC: WER のカウント値を TC のカウント値に同期させる機能

従って、TSCB CH1 のカウント値と TC のカウント値があうことは、すなわち WER のカウント値が同期することになる。前述の通り、TSCB のトリガカウント値は、RFM2g レジスタ上から取得されることから、WER のトリガカウント値はタイミングシステムのトリガカウント値と動機することにもなる。

トリガカウント値修正機能の動作を Figure 4 に示す。TSCB CH1 のトリガカウント値をマスターカウント値として、Ethernet 経由で、トリガカウント値合わせの対象となっている TC にその情報を送る。TC は、情報を取得後、TC はトリガカウント値を確認して同期しているかどうかを確認する。同期していない場合、トリガカウント値の修正を行う。次に TC は WER に Ethernet 経由で WER のトリガカウント値の状況を確認する。修正が必要になる場合には、自動修正を行う。この自動修正は、一定周期で行われる。

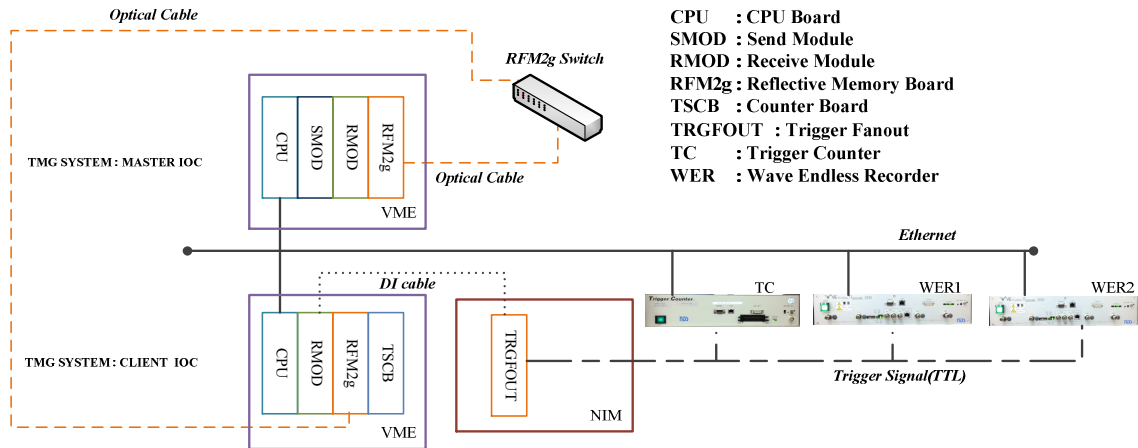


Figure 3. Consist of the test bench.

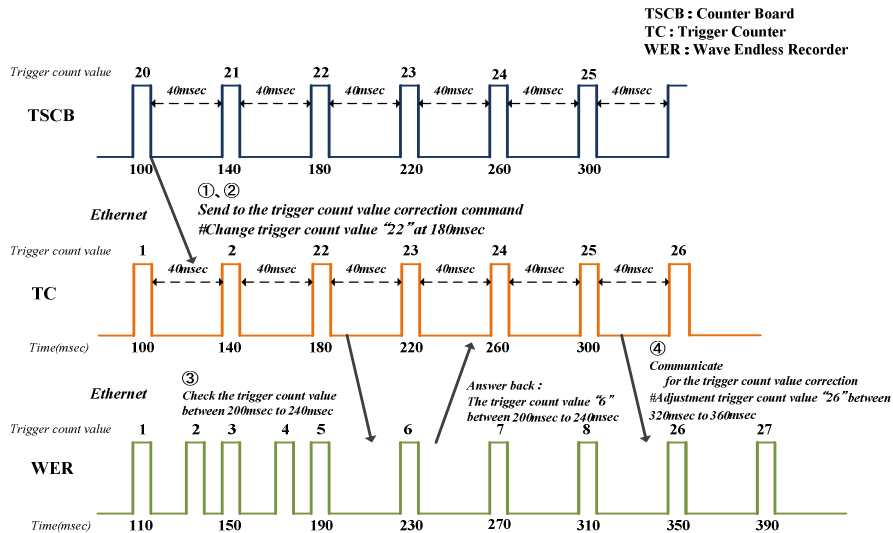


Figure 4. Operation of the function for the trigger count value adjustment.

修正から修正完了までの手順を下記に示す。

- ① TSCB から TC にトリガカウント値同期指示命令を発行する。
- ② TC は命令受信後、トリガカウント値が異なっている場合、TC は TSCB トリガカウント値に修正する。
- ③ TC から WER にトリガカウント値の確認指令が送られる。トリガカウント値が TC と WER で同期していない場合、TC は、WER に対してトリガカウンタ値修正命令を送信する。
- ④ WER のカウント値修正を行う。

以上の手順を TC と WER の間では、約 1 分間隔で行い、トリガカウント値の同期をとっている。

Figure 5 はトリガカウント値修正の推移と結果である。SB1、SB2 が WER の Host 名である。"current" のトリガカウント値が SB1 の最初の値が "1641"、SB2 が "10267" であり、修正を TC の周期 (テストベンチでは 25Hz) で行き、最終的に SB1 と SB2 の

トリガカウント値が "10742" で同期がとれていることがわかる。

SB1	:	1641,	1,	1641
SB2	:	10267,	10137,	10254
-- Query -- current, first, last				
SB1	:	1641,	1,	1641
SB2	:	10373,	10137,	10347
-- Query -- current, first, last				
SB1	:	10647,	10636,	10644
SB2	:	10648,	10137,	10626
-- Query -- current, first, last				
SB1	:	10710,	10636,	10706
SB2	:	10711,	10137,	10688
-- Query -- current, first, last				
SB1	:	10742,	10636,	10737
SB2	:	10742,	10137,	10719

Figure 5. Process and result of the trigger count value adjustment.

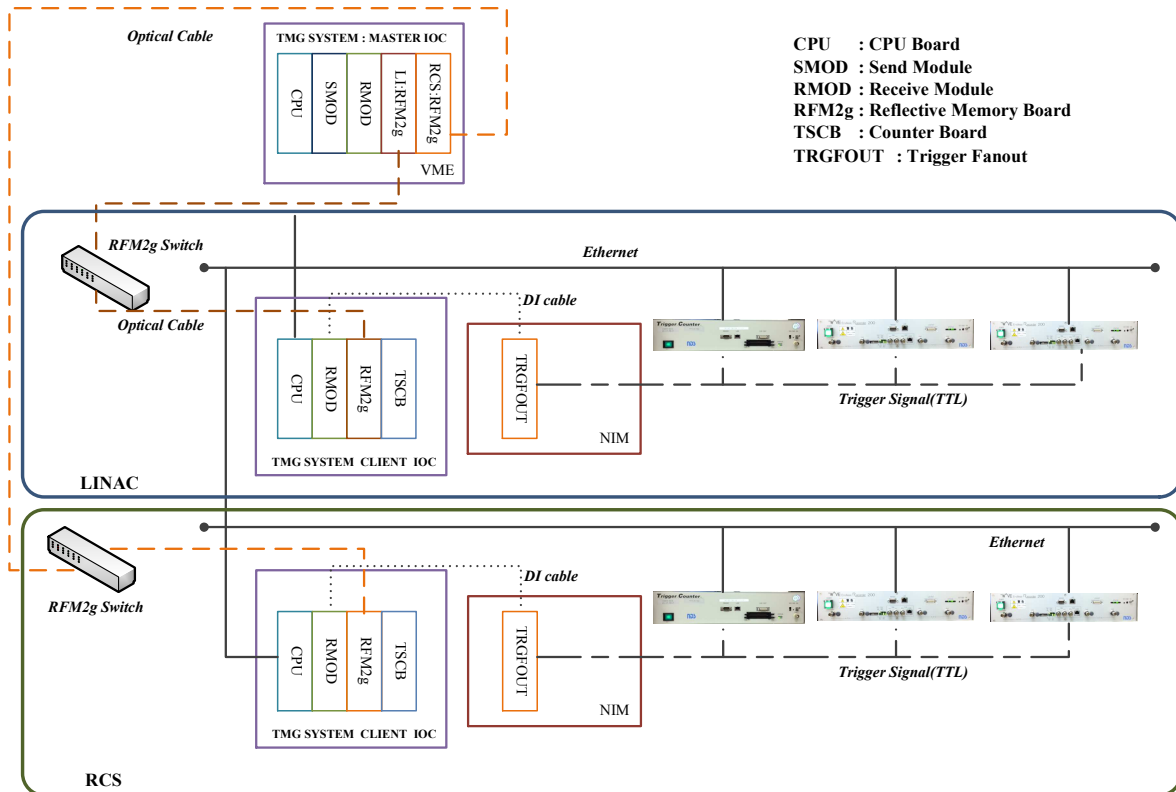


Figure 5. Composition for future of the synchronization data archive system.

#### 4. 波形データ同期システムの実機への導入計画

テストベンチの検証の結果、LINAC および RCS それぞれに TSCB と TC を設置することで、タイミングシステムマスタカウント値と WER のトリガカウント値を同期できることがわかった。現在、LINAC や RCS で構築予定のデータ同期システムの概要図を Figure 5 に示す。WER での波形データ同期化については、テストベンチで行ったシステム検証を基に実機へ導入する計画である。

トリガカウント値合わせは、一定周期で動作する機器にのみ適応できるシステムであり、LINAC では加速空洞の RF パワー、RCS では電磁石の出力波形パターンの収集に利用することを予定している。RCS では入射部の電磁石と出射部の電磁石の出力波形パターンのトリガカウント値の同期化を計画しているが、出射部に設置しているキッカ電磁石では、MLF か MR かのビーム行き先によってタイミングが異なっている。これは、MLF と MR の Injection ゲートタイミングにズレがあり、キッカ電磁石の放電タイミングが Injection ゲートのタイミングによって決まるからである。TC は WER の 2 つ前のトリガカウント値の時間と 1 つ前のトリガカウント値の時間を取得し、その情報から WER のトリガ周期を判断しているが、MLF 入射と MR 入射時のキッカ電磁石電源の放電タイミングのズレが、TC が WER のトリガ周期を把握する上で問題にならないか、今後もより実際の運用に近い環境で検証を進める必要がある。

#### 5. まとめ

TSCB と TC を用いて波形データ同期化について検証を行ってきた。TSCB と TC、TC と WER のトリガカウント値の同期がとれることを確認した。このシステムを LINAC および RCS に導入すれば、上流から下流までのビームで同期のとれたデータ収集系が構築可能である。

次の RUN から、実機への波形同期システムを導入する予定であるが、波形データ同期システムが、今後の運用面で、大きな効果が得られることを期待したい。

#### 参考文献

- [1] SUMMARY OF THE 3GeV RCS CONTROL SYSTEM (2), Proceedings of the 4th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and 32th Linear Accelerator Meeting in Japan, Wako, Aug. 1-3, 2007
- [2] J-PARC 3GeV RCS CONTROL SYSTEM, Proceedings of the 3rd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and 31th Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, Aug. 2-4, 2006
- [3] Development Status of Database for J-PARC RCS Control System(2), Proceedings of the 2nd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and 30th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tosu, Jul. 20-22, 2005