

# 多チャンネルデジタイザを用いたJ-PARC RCS マルチワイヤプロファイルモニタのデータ取得系の開発

## DEVELOPMENT OF DATA ACQUISITION SYSTEM OF J-PARC RCS MULTI-WIRE PROFILE MONITOR USING MULTI-CHANNEL DIGITIZER

島山衆一郎 \*A), B), 吉本政弘 A)  
 Shuichiro Hatakeyama \*A), B), Masahiro Yoshimoto A)  
 A)JAEA J-PARC Center, B)MELCO SC

### Abstract

In J-PARC RCS (Rapid Cycling Synchrotron), in order to perform transverse orbit matching of the injection beam, it is used a total of 7 sets of multi-wire profile monitors (MWPMs) which consists of 3 sets of MWPMs installed before and after the charge stripping foil on the circumference ring, 2 sets on the L3BT line, and 2 sets on H0 dump line. It is considered that beam loss around the equipments of injection beam line will be increased significantly because it is planed the beam power from the LINAC will be enforced in this fiscal year. So we will install a new MWPM on the H0 dump line to measure the injection orbit and the charge conversion ratio more precicely. In this time, we have developed a new data acquisition system using multi-channel digitizer. As the feature, it is improved the S/N ratio as compared with the present system using a multiplexer. Also the cost of the new system is estimated to be lower than the present system. In this report it is described the performance of the new DAQ system by using real beam with the existing MWPM2.

### 1. はじめに

J-PARC RCS(Rapid Cycling Synchrotron) では、入射ビームの軸合わせを行う為に 7 台の MWPM [1] を設置している。今年度には LINAC からのビームパワーが増強され、入射機器付近のロスがより深刻になると考えられる。そこで入射軌道と荷電変換効率を詳細に測定することを目的として、H0 ダンプラインに 8 番目の MWPM を設置する予定である (Fig 1 参照)。今回、そのデータ処理系として多チャンネルのデジタイザを用いたシステムを開発し、その性能をビーム試験で確認した。

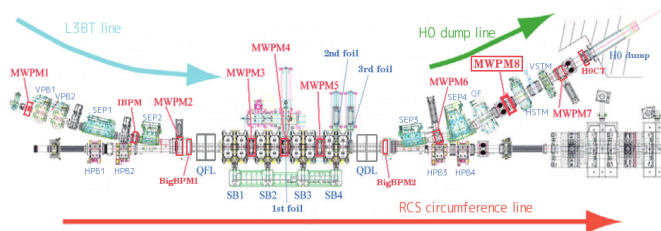


Figure 1: MWPM8 will be installed between MWPM6 and MWPM7 in the H0 dump line.

### 2. 現行の DAQ システム

Fig. 2 に現行の DAQ システムの概略図を示す。この図ではモニターヘッドを移動させるモーター駆動系やマシンプロテクション用のインターロック系は省略している。Fig. 2 の左から見ていくと、ビームがワイヤーに当たって発生した電荷信号は地下 2 階の加速トンネルから地下 3 階のメンテナンストンネルまでツイストペア線で伝送され、差動入力の前アンプで電圧信号として約 20~200 倍に増幅される。前アンプの出力は約 150m 離れた地上の制御室にツイストペア線で送られる

\* hatake@post.j-parc.jp

のだが、 $\pm 1$  倍の 2 系統の差動信号となっており、同相のノイズを極力減らすようにしてある。プリアンプの信号は、制御室の積分器によって  $500\mu s$  のゲート幅で積分されパルスの電荷量に比例した波高を持った矩形波となる。全てのワイヤの矩形波は、マルチプレクサ (MPX) によってワイヤ番号の順に時系列で並べられた一つのアナログ信号となり、Wave Endless Recorder(WER)の ADC によってデジタルデータに変換される。WER のバッファに蓄積されたデータは、LAN 経由で IOC によって収集され、ユーザ端末上の解析プログラム [2] によってビームプロファイルとして再構成される。通常はプロファイルの形を細かく取るために、 $0.1mm$  ずつワイヤを移動させながらワイヤの間隔分 (約  $10mm \rightarrow 100$  ショット相当) スキャンして、重ね合わせる手法を用いている。Fig. 3 に例として MWPM2 のワイヤー軸 ( $u, v$  座標) 上に再構成したプロファイルを示す。

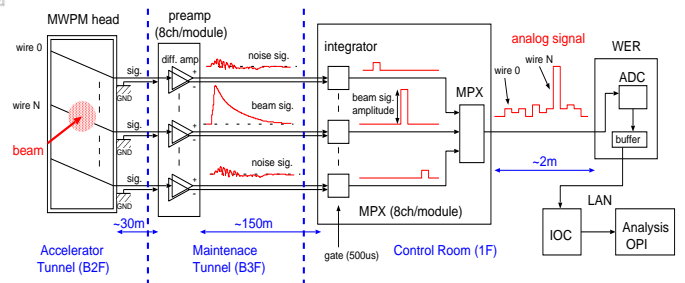


Figure 2: A schematic of present MWPM DAQ system using multiplexer.

### 3. 新しい DAQ システム

新しく設置する MWPM8 は、水平、垂直合わせて合計 94 本のワイヤで構成されており、これまで設置されたどの MWPM よりもチャンネル数が多い (Table 1 参照)。

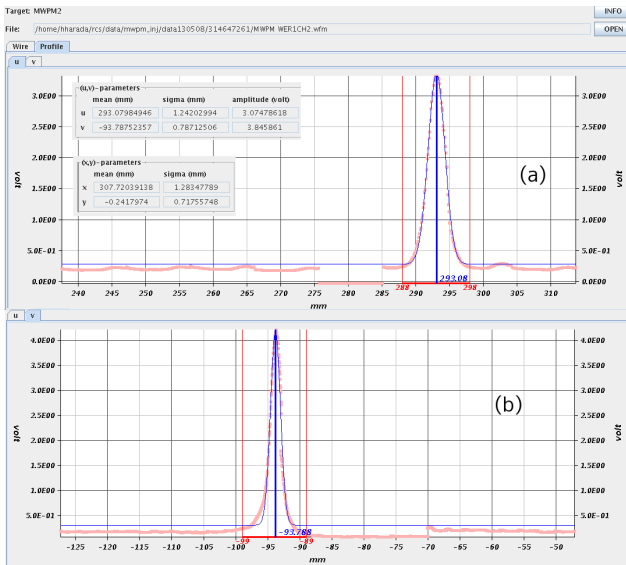


Figure 3: Reconstructed beam profile by using present DAQ system. (a) in  $u$ -axis, (b) in  $v$ -axis.

Table 1: Number of channels of MWPMs in injection area.

	$u$ (ch)	$v$ (ch)	total	scan-dir.
MWPM1	21	6	27	$y+$
MWPM2	8	28	36	$x-$
MWPM3	41	10	51	$y-$
MWPM4	41	10	51	$y-$
MWPM5	41	10	51	$y-$
MWPM6	26	45	71	$x-$
MWPM7	15	48	63	$x+$
MWPM8	84	10	94	$y-$

MWPM8のDAQシステムは、当初は現行の設計をそのまま使用することを考えていたが、以下の問題により、新しいシステムの導入を検討することとなった。

- (1) 配線が複雑でメンテナンス性が良くない。
- (2) 信号処理回路が専用設計で汎用性がない。
- (3) (1), (2)の理由で増設には予想外のコストがかかる。

(1)の問題に関しては、現行ではモニターヘッドからWERまで5種類(MS-65pin, MS-35pin, Dsub-15pin, Dsub-37pin, BNC)のコネクタで、9ヶ所で中継されており、接続ミスの特長、信号の反射、減衰などを考慮すると経路の短縮化を図ることが望まれた。そこで、プリアンプからの出力をメンテナンストンネルで直接デジタルライザーに接続し、制御室までの約150mにわたる信号伝達はLANで行なう事とした。(2)の問題については、現行ではプリアンプ、MPXは共にVMEシャーシに専用のバックプレーンの配線を施した特殊なモジュールとなっている。そこで、プリアンプはNIMモジュールにして、MPXは無くし、代わりにPXIバス<sup>1</sup>を使った汎

<sup>1</sup>PCIバス機能をCompactPCIのモジュール式Eurocardパッケージと組み合わせたもので、専用の同期バス等が追加されている。高性能・低コストで航空宇宙/防衛、工業用テスト等で実績がある。

用的な多チャンネルのデジタルライザーを用いて、ワイヤ毎に波形をデジタル化しソフトウェアで積分することにした。(3)のコストに関しては、現行システムでは、専用設計のプリアンプ、MPXそれぞれ~80k yen/ch、シャーシがそれぞれ~800k/yen、WERと波形取得用計算機が~1M/yenで、total~17.6M yenくらいに見積もられていた。新システムでは、プリアンプ(現行モデルをNIM規格に変更)が~51k yen/ch、PXIデジタルライザーが~10k yen/ch、NIM, PXIシャーシがそれぞれ、~300k, ~160k yen、PXI CPUカードが~330k yenで、total~6.5M yenと見積もられ、およそ1/3のコストとなる(ケーブルの敷設や端末処理を含めるとその差はもっとある)。Fig. 4に新しいDAQシステムの概略図を示す。

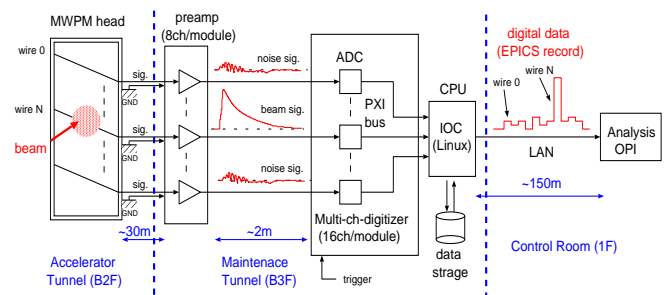


Figure 4: A schematic of new MWPM DAQ system using multi-channel digitizer.

#### 4. 性能評価

新しいDAQシステムの性能評価として試験用に購入した多チャンネルデジタルライザー(ADLINK PXI-2022, 16bit, 250kS/s, 16ch)×3枚(48ch)を既存のMWPM2に接続して実際のビームを用いた波形測定、ビームプロファイルの再構成を行なった。Fig. 5はビーム試験時のセットアップの写真である。尚、ビーム試験では、現行



Figure 5: A setup of beam test with 48ch of multi-ch-digitizer(ADLINK PXI-2022) and CPU card(PXI-3950).

DAQシステムと比較するためにFig. 2のMPXモジュールのモニタ信号出力からプリアンプの波形を分岐させてPXI-2022に接続し、同時に二系統で測定できるようにした。Fig. 6はPXI-2022で取得した波形で、それぞれ(a)ビーム信号、(b)ビームに同期したノイズである。MWPMのプリアンプはLINACからの最大500μsのパルス幅のビームがワイヤに当たって生成された電荷をτ~1msの時定数で増幅しており、ビームの信号が0付近まで減衰する時間は約4msである。ノイズの起源は

入射ビームと同期したシフトバンプ、ペイントバンプ電磁石から来ており、入射から $\sim 600\mu\text{s}$ まで大きなノイズが乗る。新 DAQ システムではソフトウェアで波形を積分しているため、積分範囲を解析時に任意に決めることができる。Fig. 6-(b) を見てもわかるようにノイズ波形はバンプ電流がゼロになった後に長いアンダーシュートがみられるため、積分範囲を 4ms までに伸ばすことによってノイズ成分はほぼ相殺される。また積分範囲を伸ばすことは、ビーム信号の波形のテイル部分の情報も得られる利点もある。

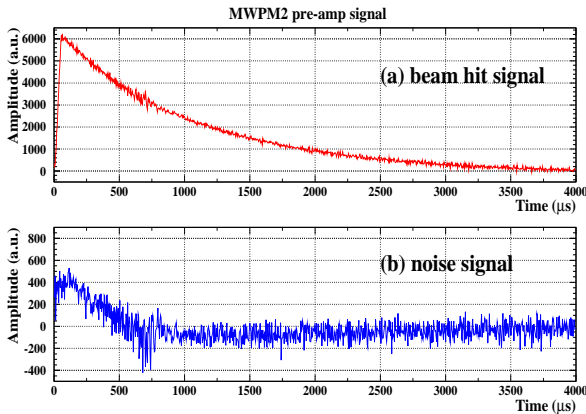


Figure 6: Preamp waveform signals taken by PXI-2022 : (a) beam hit signal, (b) noise signal.

Fig. 7 に例として新システムで MWPM2 のワイヤー軸 ( $u, v$  座標) 上に再構成したプロファイルを示す。このデータは Fig. 3 のものと同時に測定された。 $x, y$  座標に焼き直したプロファイルの中心値は、 $x$  は現行 (307.72mm)、新 (307.62mm)、 $y$  は現行 (-0.24mm)、新 (-0.05mm) とよく一致している。

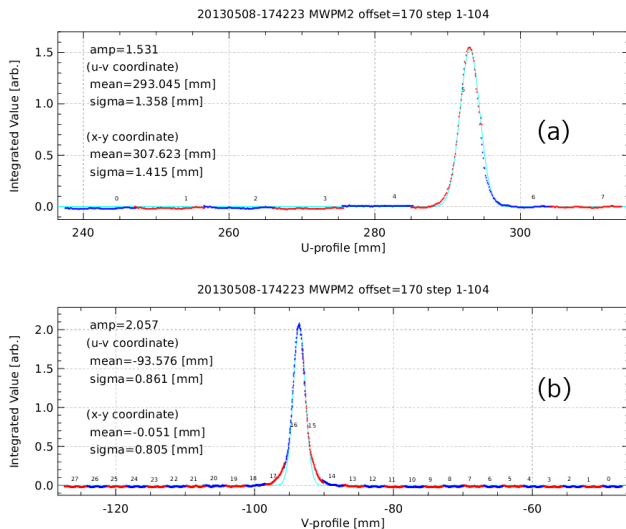


Figure 7: Reconstructed beam profile by using new DAQ system. (a)  $u$ -axis, (b)  $v$ -axis.

Fig. 8 は、現行・新のプロファイルの中心の高さを 1 で規格化し log スケールで重ね合わせたもので、新システムではノイズ対信号 (N/S) 比が  $\sim 1/10$  と大幅に改善

されているのが分かる。

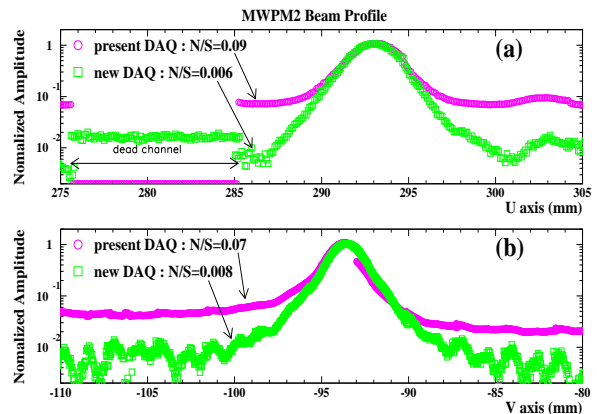


Figure 8: Comparison of beam profile at MWPM2 between present and new DAQ with log-scale. (a)  $u$ -axis, (b)  $v$ -axis.

Fig. 9 は MWPM2 ヘッドのオフセット位置 ( $x$  方向で 165, 170, 175mm) とビームプロファイル中心値の相関を直線でフィットしたものである。現行・新システムとも直線の傾きのずれはほぼ 1% 以下であり同等である。

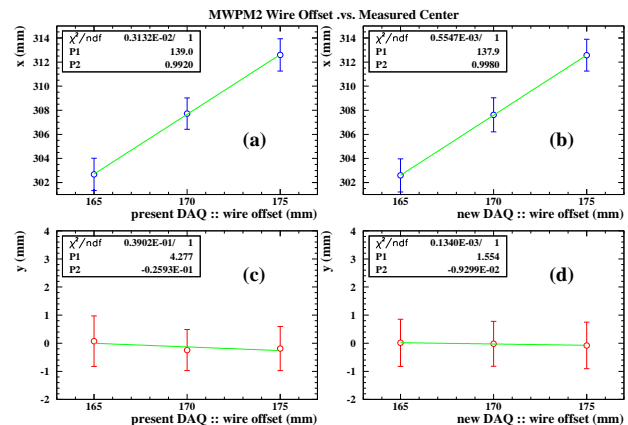


Figure 9: Linearity of wire offset and measured beam center. (a) present  $x$ , (b) new  $x$ , (c) present  $y$ , (d) new  $y$ .

## 5. まとめ

J-PARC RCS に新しく設置される MWPM 用の DAQ として多チャンネルデジタルイザを用いたシステムを開発した。新システムではコストを現行の約 1/3 に抑えることができる上、ビーム試験での性能評価ではノイズ対信号比が約 1/10 となり大幅に改善されることが分かった。

## 参考文献

- [1] S.Hiroki, et al., "MULTI-WIRE PROFILE MONITOR FOR J-PARC 3GEV RCS", Proceedings of EPAC08, 2008, Genoa, Italy.
- [2] H.Sako, et al., "AN APPLICATION FOR BEAM PROFILE RECONSTRUCTION WITH MULTI-WIRE PROFILE MONITORS AT J-PARC RCS", Proceedings of EPAC08, 2008, Genoa, Italy.