

J-PARC RCS MWPM 信号処理系 MWPM DAQ SYSTEM FOR J-PARC RCS

畠山 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

The J-PARC LINAC introduced ACS (Annular-ring Coupled Structure) cavity and now available the 400MeV beam extraction. As for the RCS (Rapid Cycling Synchrotron) the power supply of the injection magnets were replaced those can acceptable the 400MeV beam injection. Because there occurred many troubles of equipments in the early phase of the beam study, we desired to shorten the measurement time of the beam monitor to determine the parameters. In this report it is described the signal processing system of MWPM (Multi-wire profile monitor) which is used to measure the injection beam profile for better accuracy and shorter measurement time.

1. はじめに

J-PARC では LINAC のビーム出力が 181MeV から 400MeV になったことで RCS 入射時のエミッタンスが小さくなり当初の設計目標である 1MW 出力への展望が見えてきた。RCS の性能確認試験では 400MeV 入射対応の各種パラメータの測定が行われた。ビームモニタの測定の中で MWPM はビームサイズ測定、入射軌道の軸合わせ、荷電変換効率の測定など使用頻度が高く、測定時間の短縮が望まれていた。そこで今年度中に MWPM の既存の信号処理システムに並行して別系統の波形測定用のデジタイザーを追加することとなった。

2. RCS の MWPM の概要

RCS では LINAC からの H^- ビームを測定する MWPM1~5 と荷電変換フォイル通過後の H^+ ビームを測定する MWPM6~8 の 2 種類を用いて入射ビームのプロファイルを測定する。MWPM1~5 のワイヤーは金メッキされた太さ 0.1mm のタングステン (W) で、 H^- イオンから分離された電子を測定する。一方、 H^+ ビームの測定では陽子がワイヤーに当たって生成された二次粒子である電子を捕捉するため検出効率が H^- ビームの約 1% しかない。このため MWPM6~8 のワイヤーは太さ 1mm のチタン (Ti) を用いている。MWPM のモニターヘッドは測定を行わない時にはビームラインから退避できるようにモーター駆動機構がついている。このモーター駆動はビーム測定時のスキャンにも用いられるのだが、一方向のスキャンで水平垂直両方向のプロファイルを測定できるようにワイヤーの方向を 17.7° 傾けて取り付けられている。例として Figure1 に MWPM8 のモニターヘッドの図面を示す。MWPM は設置スペースの関係で駆動部が場所によってビームダクトの上下左右のいずれかに設置されておりスキャン方向は 4 通りある。また入射ダンプリンではビームサイズが広がる場所に設置されているので全体をカバーするためにワイヤーの本数が増えている。Table 1 に各 MWPM のワイヤー数とスキャン方向を示す。フレームに近い場所

のワイヤーにビームを当てるとビームハローがフレームに当たって信号が歪んでしまい正しいプロファイルとにならない。Table 1 の effective の項はフレームに近いワイヤーを除いたワイヤー数である。

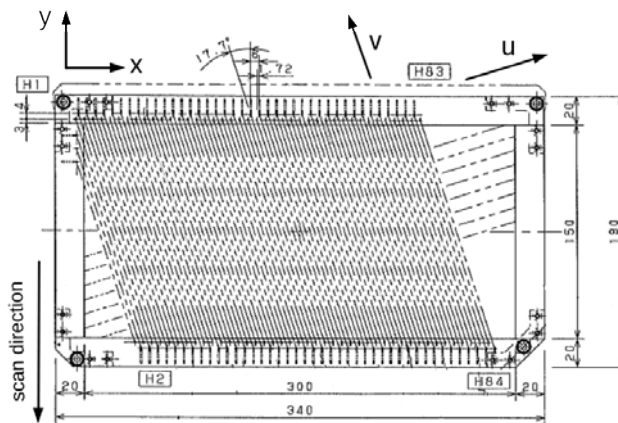


Figure 1: The wires alignment of MWPM8.

Table 1: Number of Channels of MWPMs in Injection Area

	wires(u,v)	effective(u,v)	scan-dir.
MWPM1	21, 6	16, 6	y+
MWPM2	8, 28	8, 24	x-
MWPM3	41, 10	32, 10	y-
MWPM4	41, 10	32, 10	y-
MWPM5	41, 10	32, 10	y-
MWPM6	26, 45	24, 40	x-
MWPM7	15, 48	15, 32	x+
MWPM8	84, 10	80, 10	y-

* hatake@post.j-parc.jp

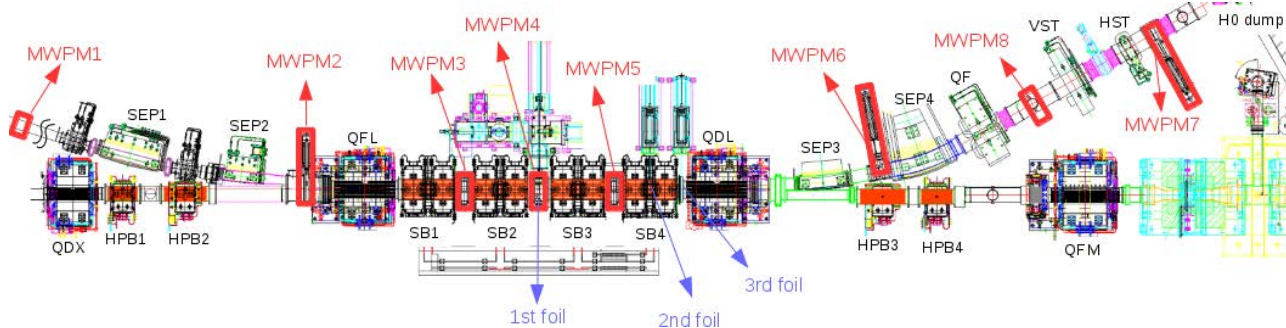


Figure 2: RCS injection beam line.

3. RCS 入射ビームライン

Figure2 に入射ビームライン上の MWPM の配置を示す。LINAC からのビーム輸送ラインに 1 ケ所 (MWPM1)、入射分岐部に 1 ケ所 (MWPM2)、荷電変換部に 3 ケ所 (MWPM3,4,5)、H0 ダンプラインに 3 ケ所 (MWPM6,7,8) 計 8 台の MWPM が設置されている。MWPM8 は荷電変換効率の詳細な測定を目的とするために MWPM6 と 7 の間に取り付けられたのだが、ケーブル敷設などが間に合わずビーム試験では使用されていない。

4. MWPM 信号処理系

4.1 従来の信号処理系

Figure3 に MWPM 信号処理系の概略図を示す。MWPM で発生した電荷信号は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の差動信号で送られる。制御室では積分器によって $500\mu\text{s}$ 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 IOC によって収集されるのだがこのときユーザーが scan 開始と終了時の範囲を波形を見て同定しダウンロードするという作業が必要であり測定の自動化は困難であった。

4.2 追加予定の信号処理系

昨年度、MWPM8 の信号処理系のための PXI バスを使った多チャンネルデジタルライザの試験を行い、結果としてコスト及び性能の面で優れているということが分かった。^[3] 新システムの特徴は、各ワイヤの波形を全て保存しソフトウェアで積分することで入射電磁石機器からのビームに同期したノイズの除去に柔軟に対応できることである、と同時に波形取り込みからプロファイルの再構成まで全自動で行うことで測定時間を短縮できるという特徴もある。そこで今回 MWPM1~7 についてもこのデジタルライザの使用を検討した。但しこれまでの測定データと整合性を保つために従来の MPX を用いた測定系も残すことにした。Figure3 の下側の赤い枠

で囲ってある部分が今回追加される部分で従来のシステムと同時運用となる。

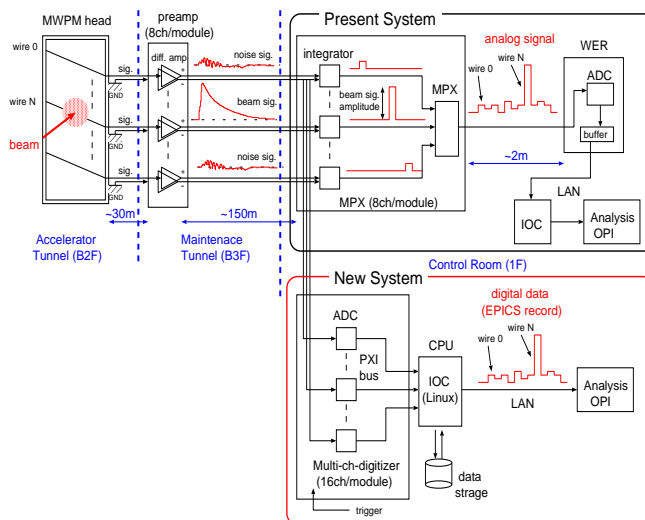


Figure 3: A schematic of MWPM DAQ system with additional multi-channel digitizer.

5. PXI モジュールの高密度化

新システムのデジタイザ (ADLINK PXI-2022, 16bit, 250kS/s) は一つのモジュールにつき 16channel の入力がある。各 MWPM に必要なモジュール数は Table 1 の effective な channel を考えた場合 Table 2 の modules の項に記した数となる。MWPM1 ~ 7 については地上部のローカル制御室の MPX が設置されているラックに組込むのだが、空スペースが限られているのでラックマウント式のシャーシ (Figure 4) を採用することにした。モジュールの高密度化に伴って熱がこもり電子機器が不安定にならないよう廃熱ファンが多めに設置されている。これらのファンはシャーシの電源を落とすことなくホットスワップが可能な設計となっている。

6. IOC の CPU 負荷の見積り

Table 2 に示すように、MWPM1 ~ 7 の IOC では、1 つの CPU で 10 台の ADC モジュールを制御しデータを収集している。ひとつの懸念材料は CPU 負荷あるいはメモリー不足により動作が不安定になるのではないかと

Table 2: Number of CPUs and Modules for Each IOC

IOC	CPUs	slots	modules	MWPM
IOC1	1	13	2	MWPM1
			2	MWPM2
			3	MWPM3
			3	MWPM4
IOC2	1	13	3	MWPM5
			4	MWPM6
			3	MWPM7
IOC3	1	7	6	MWPM8



Figure 4: ADLINK PXIS-2670. 1 CPU and 13 peripheral slots. The air-fan can be replaced when the power is ON.

いうことであった。そこで既に購入済みの MWPM8 の IOC (1CPU あたり 6 台の ADC モジュール) を用いて負荷の試験を行った。CPU モジュール (ADLINK PXI-3950) はクロック周波数 2.2GHz の Intel Core2 Duo、メインメモリー容量は 2GB、OS は Fedora14 Linux である。試験では実際の運用時と同じく 1Hz のトリガーで連続的にデータを収集しデータをローカルディスクに保存させている。Figure 5 に示すように CPU/Memory Usage は ADC モジュール数に単純に比例して増加しており、10 台に外挿させて見積もると CPU Usage で 21%、Memory Usage で 2.2% となり性能的には余裕があることが分かった。

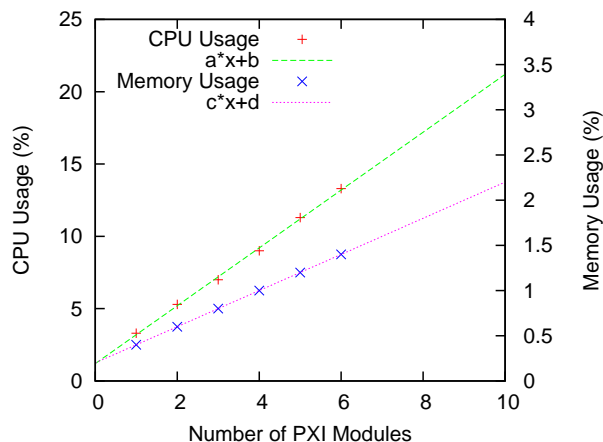


Figure 5: CPU and memory usage per PXI module number.

7. まとめ

J-PARC RCS の MWPM の概要を述べ信号処理系について現在のシステムと多チャンネルデジタルの同時運用が検討された。新しい測定系は測定の高精度化及び自動化を目的とし、さらに省スペースを実現するため高密度なモジュール編成となる。IOC の CPU とメモリー負荷を見積もった結果、十分な性能があることが分かった。今後の予定としては今年の 10 月末に機器の納入があり、11 月中にラックに設置、ケーブル結線およびソフトウェアの構築を行う。

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.
- [3] S.Hatakeyama, et al., “DEVELOPMENT OF DATA ACQUISITION SYSTEM OF J-PARC RCS MULTI-WIRE PROFILE MONITOR USING MULTI-CHANNEL DIGITIZER”, Proceedings of the 10th Annual Meeting of PASJ August, 2013, Nagoya, Japan.