

J-PARC MR 真空システムの機器情報の整理及び再整備

○ 西川 雅章 ^{A)}

^{A)} 高エネルギー加速器研究機構

1. はじめに

J-PARC MR の真空システムは、大規模で多数の真空機器から成る。17 年余の間運用の間に、機器情報や作業情報の管理が「属人的」「断片的」になってしまった。2 年余り前の着任時に、筆者は体系的・網羅的にシステムを把握することに非常に困難を感じた。必要に迫られシステムを構成する機器と、それらのハード的・ソフト的接続の情報等を整理しつつある。継承と今後の展開をも視野に入れた情報の整理について報告するとともに、技術情報の継承についての今後についても考察する。

2. 対象システム

J-PARC MR の真空システム（以下、真空システムと呼ぶ）には、多数の真空コンポーネントが存在する。排気ポンプはスパッタイオンポンプ（SIP）、真空ゲージは主に B-A ゲージ（IG）、一部コールドカソードゲージ（CCG）を使用し、低真空領域を測定するコンパクトロンゲージ（CG）も使用している。また、真空領域を区切るゲートバルブ（GV）も存在する。また、上流の 3 GeV RCS からのビームトランスポートラインである 3-50 BT に設置しているコンポーネントについても、MR のシステムと同じようにシステムを構成して運用している。

図 1. に、PC 上の制御画面として準備されている画面を用いて、システム全体に機器が配置されている様子を示す。機器は、3 棟の電源棟ごとの 3 つのシステムと 3-50 BT の 1 システムにわかれており、それぞれの電源棟にコントローラが設置されている。3-50 BT のシステム及びコントローラについては、D1 棟に設置している。それぞれのシステムにおいて

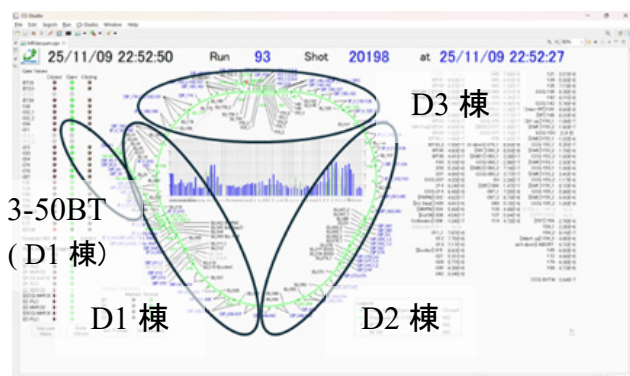


図 1. MR 真空システム全体(インタフェース画面).

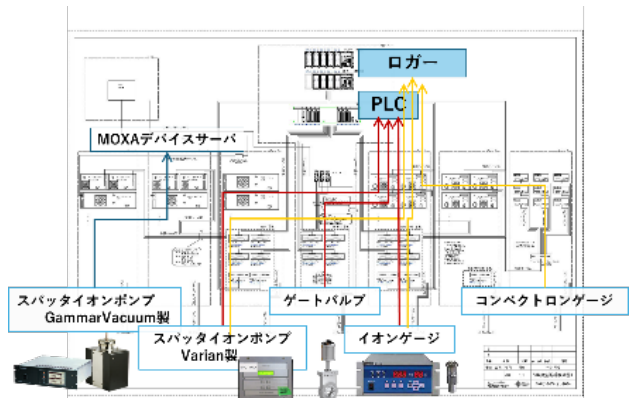


図 2. 真空制御システム模式図.

は、PLC、データロガー、デバイスサーバなど介して上位制御系と接続している（図 2. 参照）。また、電源棟の現場でのローカル操作の便のため、タッチパネルが設置されている。

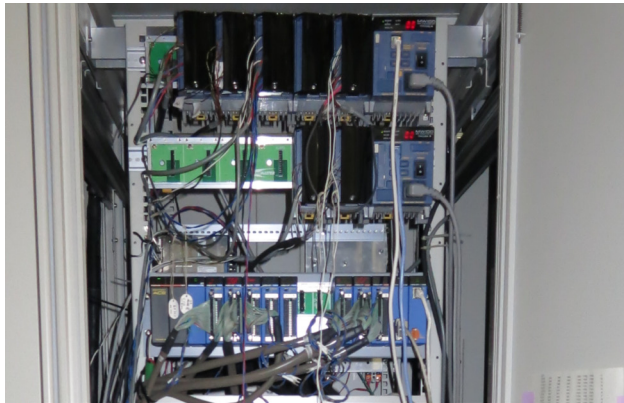
3. 従前の状況

この取り組みにあたる前の状況は、図 3. に示す配線の様子象徴されるように機器類は十分整理されているとは言えない状況であるとともに、システムの概要であっても理解するに足る文章化がされているとは言えない状況であった。また、詳細までを網羅的に押さえた情報はほぼない状況であった。同じグループでシステムの維持管理にあたってきた職員においても、経験をもとに管理することができていたが、人員の入れ替わりも徐々に進む中、失われてしまった情報もある様子であった。

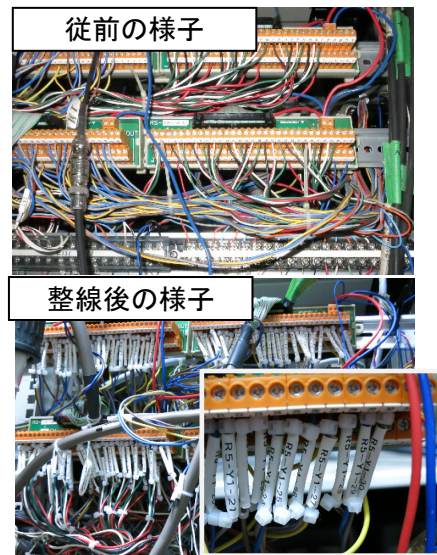
本取り組みに着手する前の真空システムについての、得ることができた情報を具体的に上げると次のようなものが存在した。

- ・ 建設期のシステムの説明文章
- ・ 実作業において伝えられる口頭での伝達情報
- ・ 実際に運用している OPI のインタフェース画面
- ・ ラック内に収まるコントローラ群（図 4.）
- ・ タッチパネル画面インタフェース画面
- ・ トンネル内の機器の配置の状況がわかる図面

これらの情報を確認していく中で、システムには以下のような問題点が挙げられた



(a). PLC 周り



(b). 端子台周り

図 3. 配線の様子

- ・ 確実にもれなくリストアップされた機器リストが存在しない。
- ・ 一部 I/O 接続情報が不明。
- ・ 上位制御系への接続がない機器の存在。
- ・ 絡まった配線で接続を追えない。
- ・ 機器の名称の表記に揺らぎがある。

さらに、機器の経年劣化が進んでいることが想定される中、特に真空システムの制御部分に不具合・故障が生じた場合、復旧する手法が確立されていないと言える状況であった。

4. 目的

このような状況を踏まえて、整理される情報には次のような要求が目的として定まった。

- ・ システム全体に亘って網羅
- ・ 故障時の復旧に資する内容であること
- ・ 機器の構成、動作が理解できる内容
- ・ 新人含め技術継承に資する教育的性格を持つこと



図 4: 電源棟ラック内コントローラ群.

具体的には、次のような情報の整理を進めていくことにした。

- ・ 真空コンポーネントのリスト
- ・ 同 I/O のリスト及び接続情報
- ・ PLC・ロガーの機器情報及び接続情報
- ・ PLC への入出力の回路の構成
- ・ PLC のラダープログラムの情報、及び各信号のアドレス情報
- ・ 上位制御系 (IOC、OPI) との接続対応情報 (PLC アドレスと EPICS レコードの対応情報)

5. 作業内容

PLC については、筆者は実際に扱うのはほぼ初めてであったので、取扱説明書等での情報収集とメーカー講習会への参加などで技能習得をおこなった。従来動いているラダープログラムを取り出す手順と、それを読み解く技能の習得が必要だった。現在、ラダープログラムの動きを把握できており、PLC の故障時等の対応は可能となった。故障時の対応に危機感を感じていたため、これは非常に意義のある成果になった。実際、4 システム中 1 システムについては、ハードウェアの更新にまで至ることがすでにできている。

さらに一方では、PLC への入出力の情報を、実際の配線を追い、コントローラごとの入出力ピンサインの情報を調べ、アドレスの情報を整理した。

圧力値等を扱うアナログ信号収録のためのロガーについても、同様にアドレスの情報の整理を行った。また、更新機器の選定を行い、機器入手も行ったが上位制御系との接続ソフトウェアの準備の問題でこ

ちらは機器更新に至っていない。制御担当者に対応いただける状況なのでその対応を待ちたいと思っている。

整線作業は、非常に大きな意味を持った。確証のもてるリスト及び結線の記録を作るためにはどうしても避けられない作業であり、その後も続く情報整理の効率を上げるために重要な作業となった。図 3. (b) のように逐一の線番の附番を行い、作業区切りごとに立ち止まり、方針を何度も作り直してから配線をやり直し、以降の作業における接続関係の推測が容易になるように整線した。非常に泥臭くためらいを覚える作業であったが、この手順の労を惜しまずに進めたことが、その後の作業において、配線状況のイメージを確立したこともあって、効率を上げることができたと考えている。

6. 成果及び今後の展開

6.1. 制御用機器

PLC については、機器更新・あるいは故障の場面での復旧の手順まで確立できた。ロガーについては、機種が完全に変わったためソフトウェア部分が対応できていない。しかしながら、こちらもアドレス情報を押さえられており、上位制御系への情報の接続機構もほぼ押えた。万一の故障の際でも多少時間は要するかもしれないが、上位制御系への接続が確立できているハードを探し出してきて使用すれば、復旧は可能と思われる。

タッチパネルについては、現場での作業性を考えて、引き続き準備しておきたいと考えている。この機器のリプレイスまでを目指したものの、機器に対する理解は未着手なのでこれについてはこの先進めていく。

制御系の上位の EPICS IOC、そして着手している PLC などにおける各真空コンポーネントについての名称表記を見渡すと、十分確認できていない範囲は残っているが、同一のコンポーネントを指し示す部分に表現の揺らぎがみられる。また、片方に存在しながら他方に存在しない機器というものもある。これらを、明らかにしたうえで名称表記の統一を図るというタスクも残る。

6.2. 真空コンポーネント

また、ここまでは制御部分についてのもっぱら述べてきたが、真空システムの情報整理の進捗にかかわらず経年劣化は進み、それぞれの真空コンポーネントのコントローラの更新も必要になってくると考えている。現在、海外メーカー製のものが多く、予算

との兼ね合い、更新機あるいは部品の入手性も含めてのトータルコストで考えていく必要があると考えている。例えば、スパッタイオンポンプの電源などは、自作で製作した例^[1]はよく耳にする。同じような取り組みを我々の現場でも行うことで、機器に対する理解を深め、技術・技能を獲得する機会とできるかもしれないと考えている。

6.3. 継承について

さらに、経験知の継承についての取り組みは様々な組織で必要に迫られて、いろいろな取り組みも行われている。ここでは、熟練者などに内在する知識などを経験知と呼び、それをマニュアルや説明書きとして文章化したものと呼ぶことにする。今回、筆者もある意味経験知の断絶を経験した。まずは、情報を掘り起こして、形式知といえる文章化された状態に持っていくことを進めているわけであるが、それに費やせる時間・労力の資源について限界を感じる。

調査を行うと、そのような経験知の継承の問題について取り組んでいる研究^[2]も見つかる。同じような問題に直面している現場は多いと想像できる。この先には、経験知を経験知という形のないまま伝達していくことも適切に組み合わせて、進めたいと考える。

具体的には、機器の構成や信号配線の接続、ラダープログラムの内容は、同じ構成が繰り返されており類推が容易である。あまりに文章化により過ぎた知識の展開は後回しにして、作業をする中で伝えていくことも検討したい。

参考文献

[1] 路川、他、EPICS 制御イオンポンプ電源の開発と進捗、日本加速器学会年会プロシーディングス WEP008、461-465、(2024).

[2] 野中、他、組織における知の継承 - 知の継承における五つの誤解、特許庁技術懇話会誌 No.268、34-42、(2013).

謝辞

本取り組みを行うにあたっては、J-PARC MR 真空グループの魚田雅彦氏、佐藤吉博氏、佐々木知依氏には、日ごろからここに至るまでの経緯を含めての数々ご指導をいただきました。ここに感謝を申し上げます。