

CONSTRUCTION OF CONTROL SYSTEM FOR MUON ROTATING TARGET AT J-PARC

Yusuo Kobayashi ^{#A)}, Syunsuke Makimura ^{A)}, Yasuhiro Miyake ^{A)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization (Tokai campus)

203-1 Ohaza Shirakata, Tokai-village, Naka-gun, Ibaragi Pref., 319-1106

Abstract

The most intense pulsed muon beam for various researches has continuously been produced at J-PARC/MUSE. At present, the fixed edge-cooling method has been adopted for cooling the muon target. However, it is predicted that the graphite will break down in six months due to radiation damage. To extend the lifetime of the muon target, we are planning to adopt the rotating target method, which can distribute the radiation damage of graphite to a wider area. The control system of the rotating target is composed of a PLC (Programmable logic controller) and a touch panel. Preparing for beam operations under high radiation, newly upgraded servo-motor systems, composed of radiation-resistant materials and controlled through command lines, are introduced for both the up-down motion and the rotation. We fabricated the prototype of the PLC control system and will keep on developing it. In this report, the development of the control system for the actual muon rotating target will be described.

J-PARC におけるミュオン回転標的の制御系の構築

1. J-PARC におけるミュオン標的

高エネルギー加速器研究機構においては日本原子力研究開発機構と共同で大強度陽子加速器計画 J-PARC 計画を推進しており、その中でミュオン科学研究施設 (J-PARC/MUSE) では世界最高強度のパルス状ミュオンを用いた物性、素粒子実験を展開している。

J-PARC の加速器群は直線加速器(Linac)、3GeV 前段加速器(Rapid Cycling Synchrotron、RCS)、50GeV 主リング(Main Ring)から成立している。RCS からは主リングに向かう系の他に、RCS で加速された陽子ビームをそのまま実験用途に使用する、物質・生命科学実験施設(MLF)がある。(図 1)

MLF には中性子をしよう利用する実験系と、ミュオンを利用するミュオン科学研究施設(MUSE)がある。

ミュオン生成標的は RCS から MLF に繋がるビー

ムライン(3NBT)上の中性子生成用水銀ターゲットの上流に設置される。

ミュオンは、黒鉛製の標的に RCS からの陽子ビームを照射し、パイオン(π 中間子)を発生させ、パイオンがミュオン(ミュー粒子)に崩壊することで発生する。

陽子ビームを黒鉛標的に照射すると、標的の陽子ビームが照射された部位が加熱され、膨張などの変質を起こす。将来的には J-PARC 加速器は 1MW にまで出力が増強される予定であり、その陽子ビーム強度では黒鉛標的の寿命は数年で尽きてしまうと予想される^[1]。

J-PARC実験施設 配置図

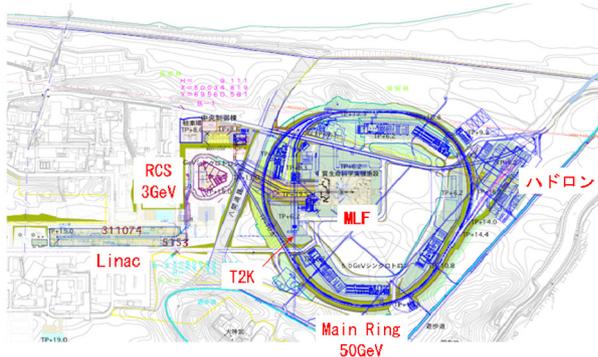


図 1 : J-PARC 実験施設配置図



写真 1 : 回転標的の全景

チパネルを使用する。また内部のログ確保用にキーエンス製のデータロガーDT-100Aを使用する予定であり、これらの機器とPLCへの通信の為に、モータードライバー用のシリアル通信ユニットとは別に、シリアルの通信ユニットを有する。

標的の温度監視は熱電対を使用する。この熱電対の出力信号をPLCに取り込む為に、温調器により4-20mAに変換し、インタロックアラーム信号を作成する。またPLCと外部ロガー用の出力との分岐用に信号変換器を導入し、出力を0-10Vに変換する。温調器は理化学工業製のSA100FK06-8M-4*4N-N/17、信号変換器にはエム・システム技研社製のW5VS-A44-M/Kを使用している。

タッチパネルは三菱製のGT1695M-XTBAを使用した。(図3)

4. 制御系のソフトウェア

PLCを制御する際、大半の場合はPLC独自のコード記述であるラダープログラムを使用することが多い。回転標的制御系に使用されるPLCもラダー形式によるプログラム記述を使用している。

上下機構のモーターの位置の読み出しにはレゾルバを使用している。レゾルバはモーター軸が回転す

る際に位相情報を出力するだけのものであり、位置をずっと保持するような特性はなく、起動直後などにおいて上下機構の位置がどこにいるのか判らない事象が起きる。この為、システム起動時に原点サーチが必要となる。

ミュオン標的の上下機構の原点は原則として標的位置を原点位置とする。ただし単純に標的位置のリミットスイッチの入力のみで標的/原点位置とするのではなく、標的位置のリミットスイッチが入力された後、モーターのサーボ機構を解除し、標的チェンバーの真空力によって標的を引かせて、チェンバー底面に着座した処を標的/原点位置とする。これは、陽子ビーム照射による標的機構の加熱などを考慮して、熱膨張などにより機構の変位が発生したとしても、標的の上下駆動機構などに悪影響を与えないようにするための処置である。この為、標的/原点位置に上下機構がある時には、上下機構のモーターのブレーキは解除される。この措置は、原点サーチによるものではなく標的位置に移動する操作を行う際でも同様の措置を行う。

原点サーチを行う際のフローチャートは以下のようになる。(図4)

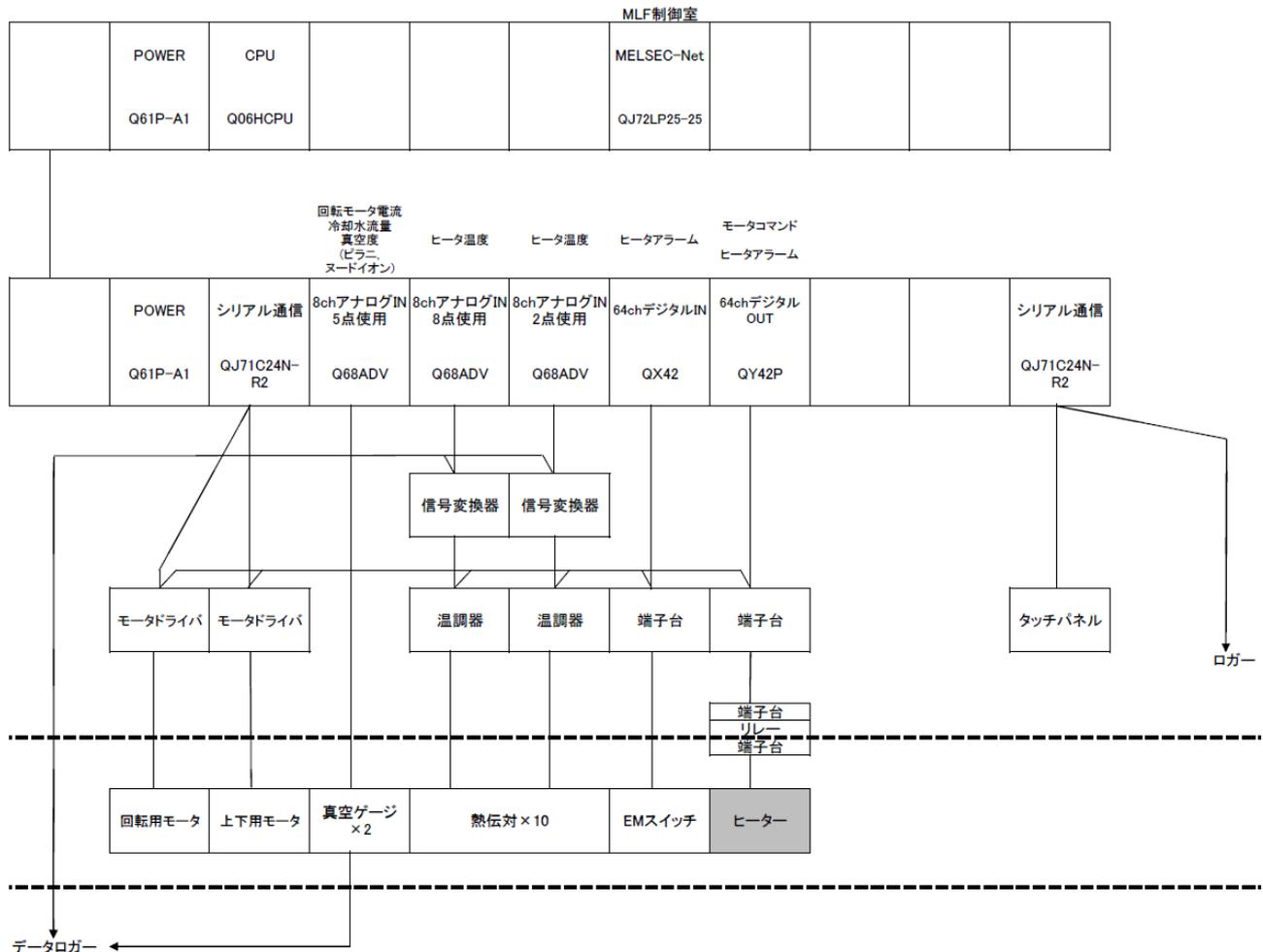


図3：回転標的制御系構成図

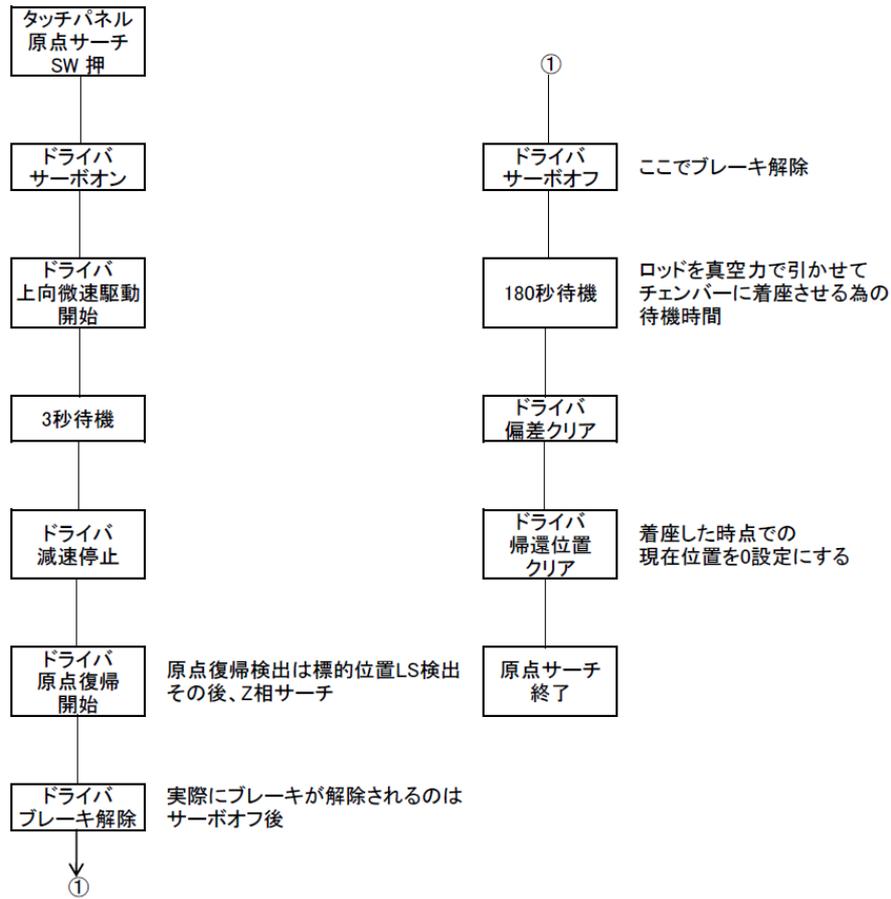


図4：原点サーチ実行時のフローチャート

標的位置、モニタ位置、退避位置の各位置への移動は、目的となる移動位置の高さ位置の値をコマンド発行して、モータードライバー内部にて、レゾルバの変化総量との比較を行うことによって行われる。

陽子ビームがミュオン標的に照射される際、標的が各位置にいない時に、陽子ビームが照射されてしまうと、ミュオン標的機構の予期しないところに陽子ビームが照射されてしまい、機構全体にダメージを与えてしまう。また、ミュオンの二次ビームライン上で保守作業などを行っている間に黒鉛標的に陽子ビームが照射されてしまうと、作業している二次ビームラインにミュオンが通ってしまう危険性を低減する為(実際には、パイオンブロッカーで二次ビームが停まる、あるいは二次ビームライン上の偏向電磁石電源がオフになるので、二次ビームライン作業領域までミュオンが通ることはない。あくまでも安全の冗長系確保の為の措置である)、この為、標的の上下機構が標的/モニタ/退避の各位置にいる時は、レゾルバやモータードライバーに因らずに、各位置検出量のリミットスイッチにて上下位置を検出し、このデジタル信号にて、MLFのPPSやMPSに位置情報を伝送する。

回転機構の制御は、上下機構の制御とは異なり、規定の位置に移動するものではなく、黒鉛標的を回転させることを目的とする制御系である。その為、モータードライバーに発行するコマンドは、モーター

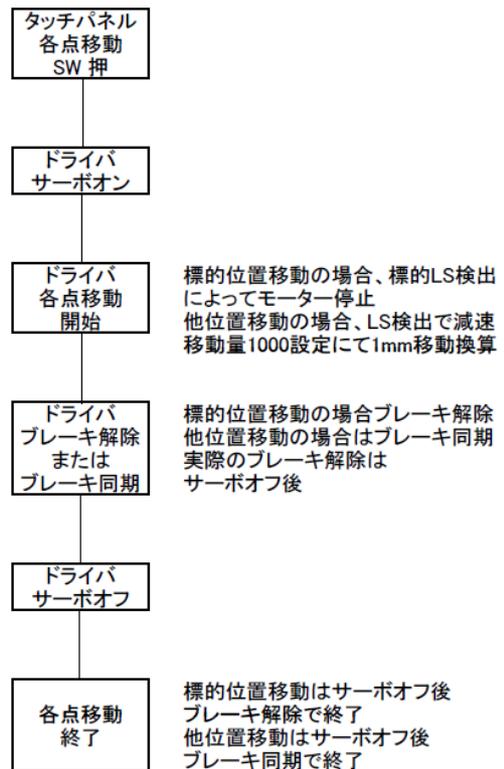


図5：各点移動時のフローチャート

ターを一定速度で駆動させるコマンドになる。

ただし、モーターの駆動速度が陽子ビームの照射周期(25Hz)と同期してしまうと、黒鉛標の上で陽子ビームが照射される点が分散されずに限定的になってしまう可能性があるため、時折回転速度を変化させる、などの措置が必要となる。

温度監視は、現在の温度を監視してもらう為に MLF の制御系に出力を送信すること、温度異常を監視し、異常加熱があった時などに対して、MPS を発報し、陽子ビームを停止すること、などが目的となる。温度監視のインタロック信号は温調器のデジタル出力を使用する。

操作用タッチパネルは三菱製のタッチパネルを使用しており、このタッチパネルは特別な設定は必要なく今回採用した三菱製の Q シリーズの PLC と通信が行うことができる。タッチパネルの操作画面の作成には同社の GT Works3 を使用した。

モーター操作画面の一例を図 6 に示す。



図 6: タッチパネル画面例

データロガーはキーエンス製 DT-100A を使用する。この装置は PLC とシリアル通信などにて PLC と接続することにより、内蔵のコンパクトフラッシュにサンプリングデータをロギングしていくというものである。

5. 今後の課題

今回制作した回転標的が実際に陽子ビームラインで使用されるのは、平成 25 年度の夏の予定であり、それまでの間に、回転標的の制御系について改善をおこなうことになる。

現在、改善した方が良い点として挙げられているのは、タッチパネル画面の判りやすい視覚化、モータードライバーのシリアル通信に対するサンプリング周期の改善などが考えられる。

モータードライバーとのシリアル通信を行うにあたり、ラダープログラム上でテキストデータを作成して通信を成立させるのだが、2 つのモータードライバーに対して、1 つのラダープログラムが順番にコマンドの発行、アンサーの読み出しを繰り返すのか、1 つのモータードライバーに対して通信ユニッ

トの通信 LED の目視で、1/4 秒くらいの時間が掛っている。これはモータードライバーの仕様で 1 つの状態(モータードライバー内部のアラーム状態など)を読みだすのに専用のテキストコマンドを発行→アンサー読出を行う為、複数のパラメータを読出+モーター駆動制御を行うと、プロセスごとに時間が必要になってしまう。同一のモータードライバーに対してはドライバーの仕様なので仕方ないのだが、回転駆動機構、上下駆動機構の 2 つのモータードライバーに対して、現行の PLC ラダーでは制御コマンド発行→アンサー読出が完了するまで、他方のモータードライバーに対する制御を一切行っていないので、このような形になってしまっていると思われる。

ラダープログラムの改善にて、おそらくは回避可能だと思われる。あるいはマルチタスク実行が可能なシリアル通信ユニットを使用する方法も考えられる。

参考文献

- [1] "Present status of construction for the muon target in J-PARC", S. Makimura et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 600 (2009) 146-149.
- [2] "Present Status of the Muon rotating Target in J-PARC/MUSE", S. Makimura et al., MLF Annual Report 2009 (2009) p103.
- [3] <http://www.wacogiken.jp/>
- [4] J-PARC 物質・生命科学実験施設内実験装置の PPS・MPS について, 小林庸男 他, 平成 21 年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会報告集 3-014 <http://www-eng.kek.jp/meeting09/>