

# UPGRADING THE CONTROL SYSTEM OF THE MOVABLE MASKS FOR KEKB

Takuya Nakamura\*<sup>A)</sup>

Kazuro Furukawa<sup>B)</sup>, Tatsuro Nakamura<sup>B)</sup>, Jun-Ichi Odagiri<sup>B)</sup>

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

2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045

<sup>B)</sup>High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

## Abstract

The positron ring and the electron ring of KEKB have their own dedicated movable masks to cut off spent electrons/positrons near the beam orbit to reduce background in the detector. The stepping motor drivers of the movable masks were controlled by a Programmable Logic Controller (PLC), which was supervised by a VME-based IOC. The IOC and the PLC was connected with each other by using GP-IB interface for the communication. Recently, however, the GP-IB connection came to be unstable causing communication errors between the IOC and the PLC. In order to solve the problem, a new type of IOC, which runs Linux on a CPU module of FA-M3 PLC, has been adopted. The CPU functions with standard I/O modules of FA-M3 on the PLC-bus. In this control system, we replaced an existing ladder CPU with the IOC and the ladder program with an EPICS sequencer program for the efficiency of software development and ease of maintenance. The new IOC has been successfully serving since it was put in operation in September 2008. In this paper, we describe the details of the new control system and its experiences up to the date.

## F3RP61 によるビームマスク制御システムの更新

### 1. はじめに

KEKB リングには、正規のビーム軌道から外れた荷電粒子を取り除きディテクターへのバックグラウンドを減らす可動ビームマスクという装置がある。この可動ビームマスクは横河電機社製の FA-M3 という PLC (Programmable Logic Controller) を使用して動作しており、その PLC は VME 計算機上で動作する EPICS<sup>[1]</sup> の IOC (Input Output Controller) から制御されている。IOC と PLC は GP-IB により接続され通信を行っているが、近年 GP-IB 接続間での通信異常が起こるようになってきており、可動ビームマスク制御システムを安定して運用する事が難しくなりつつあった。この問題を解決する為に、GP-IB 接続を使用しない新たな制御システムへの移行が検討された。一つの案として、IOC から Ethernet を通じて PLC の制御が行える netDev<sup>[2]</sup> と呼ばれる通信方式を用いる案が提案された。また別に、Linux を OS として搭載した F3RP61 という FA-M3 の新しい CPU を使用する案も提案された。F3RP61 は PLC の各モジュールを制御する機能に加え、OS として搭載した Linux の上で IOC ソフトウェアを動作させることができる為、PLC だけで可動ビームマスク制御システムの IOC として運用する事が可能となる<sup>[3]</sup>。ここでは可動ビームマスクの新しい制御システムの検討、及び移行作業についての詳細を記す。

### 2. 従来の可動ビームマスク制御システム

#### 2.1 従来のシステムの構成

従来の可動ビームマスクの制御システムは VME 計算機、PLC、マルチメータによって構成され、これらの

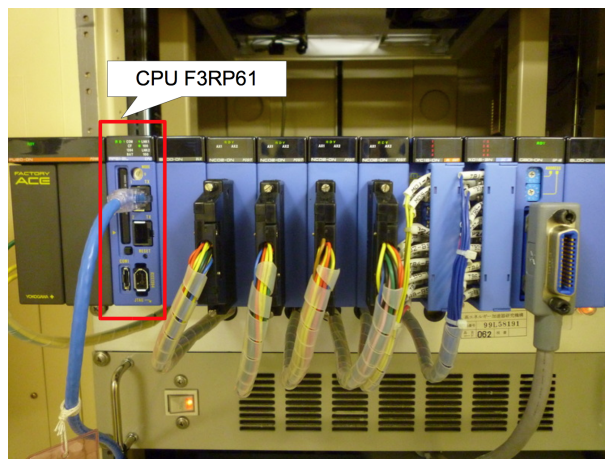


図 1: F3RP61 を設置した可動ビームマスク制御 PLC

機器は GP-IB 接続により通信制御を行っている (図 2)。可動ビームマスクの動作に関する制御ロジックは、PLC のシーケンス CPU に書き込まれたラダープログラムによって構築されている。ラダープログラムには可動ビームマスクを動作させる一連の処理が書かれており、その処理に従って PLC の各モジュールを制御している。可動ビームマスクの制御は、上位アプリケーションから VME IOC を通じて PLC のシーケンス CPU に動作開始命令を送信し、その命令を受けたシーケンス CPU がラダープログラムの処理を実行する事で行われている。

PLC のモジュールは CPU の他に位置決めモジュール 4 個、出力モジュール、入力モジュール、GP-IB モジュールをそれぞれ 1 個ずつ使用する。位置決めモジュールは可動ビームマスク装置の位置決め制御に使用され、モジュール 1 個につき 2 台の可動ビームマスクを制御し、

\* E-mail: <nakataku@post.kek.jp>

合計 8 台の可動ビームマスクを制御する。出力モジュールは可動ビームマスク装置の緊急停止信号出力に、また入力モジュールは可動ビームマスクの冷却水システムのステータス信号読み出しに使用している。GP-IB モジュールは VME IOC やマルチメータとの接続に使用している。

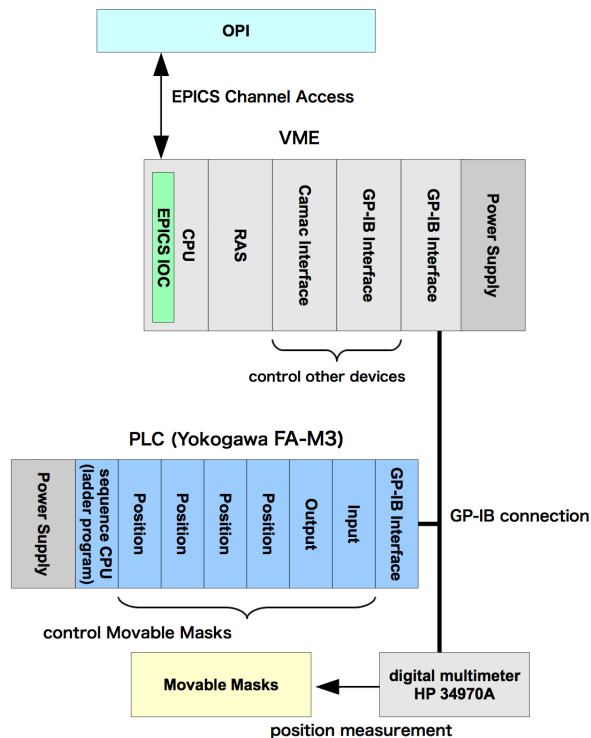


図 2: 従来のシステム構成図

## 2.2 従来のシステムの問題点

従来のシステムでは可動ビームマスクの制御ロジックはラダープログラムによって構築されている。そのため VME IOC に関する知識の習得に加えてラダープログラムに関する知識の習得も必要となり、ラーニングコストが増加してしまうという問題があった。また近年では VME IOC と PLC との間で GP-IB の通信エラーがしばしば起こるようになってきており、正常な通信制御を行う事ができず安定した運用を続ける事が難しくなりつつあった。これらの問題を解決するため、可動ビームマスクの制御システムの更新が検討された。

## 3. 新しい制御システムの検討

新しい可動ビームマスク制御システムとして、IOC と PLC との間で GP-IB 接続を使用しない制御システムが検討された。

一つの案として、IOC からネットワークに接続された機器の制御を行う事ができる netDev と呼ばれるソフトウェアを使用した制御システムが提案された。netDev を使用する事により IOC と PLC の間の通信が従来の GP-IB 接続から Ethernet 接続へと置き換わり、また同一ネットワーク内であれば場所を問わずに IOC を設置す

る事が可能となる利点も生まれる。ただし従来のシステムの PLC は Ethernet へ接続する機能を持たないため、Ethernet 接続を行うモジュールを新たに追加する必要がある。また位置測定用のマルチメータは GP-IB による接続方法しか持たないため、Ethernet と GP-IB の中継を行う LAN/GP-IB Gateway という機器の追加も必要となる。PLC の GP-IB モジュールを使用した接続も可能ではあるが、マルチメータ制御用のラダープログラムを新たに作成する必要があり、今回の更新案として適当ではない。

もう一つの案として、新しい PLC CPU である F3RP61 を使用するシステムが検討された。F3RP61 は従来の PLC に設置する事が可能であり、これまで使用している PLC の各モジュールを制御することが可能である。また、F3RP61 は Linux を OS として搭載しており、その Linux 上で EPICS IOC ソフトウェアを動作させる事が可能である。これにより PLC だけで可動ビームマスク制御専用の独立した IOC として運用する事が可能となり、問題のあった GP-IB 接続の通信部分を取り除く事ができる。F3RP61 はシーケンス CPU を併用したシステムの構築が可能であり、シーケンス CPU のラダープログラムを利用する事ができる。ただし併用可能なシーケンス CPU の機種には制限があり、比較的新しい機種のシーケンス CPU を使用する必要がある。これまで使用していたシーケンス CPU は F3RP61 と併用できない古い機種であったため、マスク制御のラダープログラムを再利用する事ができなかった。そこでラダープログラムの代わりに、EPICS シーケンサへの移行を行う事とした。EPICS シーケンサは状態遷移を伴うシーケンス制御の記述ができるため、ラダープログラムと同様のロジックを構築する事ができる。さらに EPICS シーケンサへ移行する利点として、制御ロジックの可読性や保守性の高さが挙げられる。ラダープログラムの編集には WideField2 と呼ばれる専用のソフトが必要になるが、EPICS シーケンサは一般のテキストエディタで編集可能であり可読性や保守性に優れている。

マルチメータの接続は netDev と同じく LAN/GP-IB Gateway を用いる事も可能であるが、PLC の GP-IB モジュールを使用する方法を検討した。可動ビームマスク制御の EPICS シーケンサと同様にマルチメータ制御の EPICS シーケンサを用意し、PLC の GP-IB モジュールからマルチメータを制御できる事を確認した。これにより、可動ビームマスク制御に必要な機器は PLC とマルチメータのみになり、システムの簡素化を図る事ができる。

netDev による制御方式と F3RP61 による制御方式についてそれぞれ動作試験を行い比較検討した。CPU 以外のハードウェアの追加を必要としない点やシステムの構成を簡素化できる点などを考慮し、F3RP61 による制御方式へ移行する事となった。

## 4. 新しい制御システムの構成

新しいシステムでは F3RP61 の Linux 上で EPICS IOC を動作させ、可動ビームマスク制御専用の IOC として運

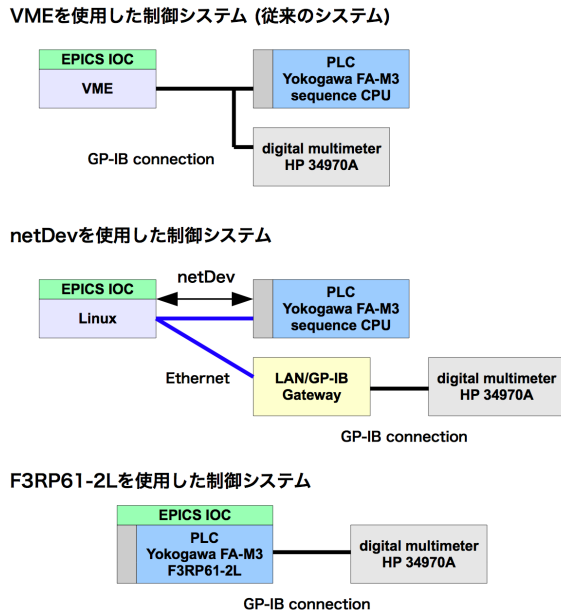


図 3: 各制御システムの構成の比較

用する。この IOC で制御する機器は PLC の各モジュールと、位置測定用のマルチメータとなる。PLC のモジュールは CPU F3RP61 の他に位置決めモジュール、出力モジュール、入力モジュール、GP-IB モジュールを使用する。これらの PLC のモジュールは従来のシステムの物をそのまま使用しており、ハードウェア資源を有効に活用する事ができた。

可動ビームマスクの位置決め制御とマルチメータの制御を行うシーケンス制御のソフトウェアには EPICS シーケンサを使用した。可動ビームマスク制御ではラダープログラムで行っていた処理を、マルチメータの制御はデバイスサポートで行っていた処理をそれぞれ EPICS シーケンサへと移行した。この時作成する EPICS シーケンサは再利用可能な形で作成し、EPICS シーケンサの起動時に固有のパラメータを与える事で、それぞれの装置に適した処理を行えるようにした。これにより複数ある可動ビームマスク装置の制御を 1 つのソースコードに一本化する事ができ、保守性の良いソフトウェアを作成する事ができた。またこの EPICS シーケンサ開発において、F3RP61 の Linux 上の EPICS IOC で動作させる事により効率的に開発を行う事ができた。これは Linux 上の EPICS IOC の再起動は単なるプロセスの終了と開始で済むため、修正を加えては動作確認を行うというソフトウェア開発のサイクルを短時間で繰り返し行える事による。

上述の通り PLC とマルチメータのみで可動ビームマスク制御システムを構築する事ができ、無駄のないシンプルな構成のシステムへと移行する事ができた。

## 5. 考察と今後の予定

今回の更新において netDev を使用する案と F3RP61 を使用する案について比較検討した結果、F3RP61 を使用した制御システムの案を採用する事となった。それによりシーケンサ CPU とラダープログラムによる制御方

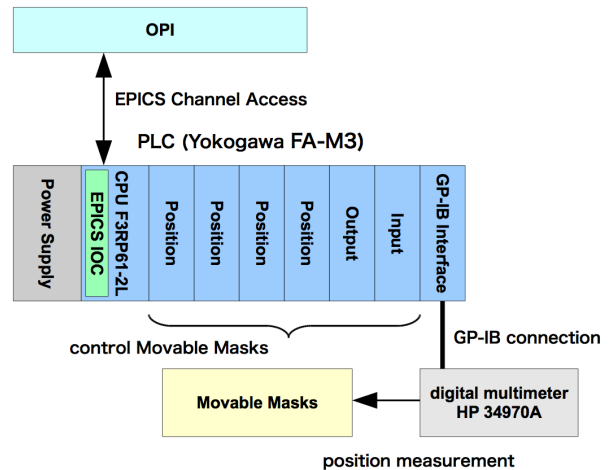


図 4: 新システムの機器構成図

式から Linux CPU と EPICS シーケンサによる新たな制御方式へと置き換わり、ソフトウェアの開発と保守の効率化を図る事ができた。また今回の作業の中でも特に重要なラダープログラムから EPICS シーケンサへの移行作業についても、効率的にソフトウェア開発を行う事ができ保守性の良いソフトウェアを作成する事ができた。

現在可動ビームマスク装置は KEKB 加速器の中の 4 箇所に設置されており、そのうちの 2 箇所が F3RP61 を使用した新システムへと移行している。新システムは 2008 年 9 月からビーム運転での運用を開始し、現在までトラブルのない安定した動作を続けている。残る 2 箇所についても新システムへ移行できるよう作業を進めている。

また現在 KEKB では真空マスク制御の他にパルス Q 電磁石の電源制御においても F3RP61 が導入されているが、今後計画されている KEKB のアップグレードにおいても F3RP61 を活用できる場面が現れると思われる。今回更新したシステムにより開発経験と運用実績を蓄積し、新たな F3RP61 のシステム構築において円滑に導入できるよう備えたい。

## 参考文献

- [1] EPICS website <<http://www.aps.anl.gov/epics/>>
- [2] J. Odagiri *et al.*, "Development of EPICS Device/driver Support Modules for Network-based Devices", Proceedings of the 3rd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 31st Linear Accelerator meeting in Japan, Sendai, Aug. 2-4, 2006
- [3] J. Odagiri *et al.*, "Development of Embedded EPICS on F3RP61-2L", Proceedings of the 5th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 33rd Linear Accelerator meeting in Japan, Hiroshima, Aug. 6-8, 2008
- [4] M. Komiyama *et al.*, "Application of F3RP61-2L with Embedded EPICS for Beam Diagnostic Device Control at RIKEN Linear Accelerator", Proceedings of the 5th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 33rd Linear Accelerator meeting in Japan, Hiroshima, Aug. 6-8, 2008
- [5] J. Odagiri *et al.*, "Application of EPICS on F3RP61 to Accelerator Control", in this meeting