

# 放射光ビームライン BL-16A への STARS 導入

○小菅隆、濁川和幸、豊島章雄、雨宮健太

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

## 概要

高エネルギー加速器研究機構放射光科学研究施設では、シンプルかつ汎用性及び拡張性をもった制御用ソフトウェア「STARS(Simple Transmission and Retrieval System)」<sup>[1][2]</sup>を基本とした放射光ビームライン制御系の統一化<sup>[3]</sup>が進行し、成果をあげている。今回、BL-16A の再構築に伴ってビームライン制御系を新しく構築することとなり、他のビームライン同様 STARS を基本としたビームライン制御システムを構築する事となった。ここでは、実際のシステム構築において発生した問題及びその解決、実際の導入に際する詳細について報告する。

### 1 BL-16A の制御対象となるハードウェア

今回再構築されたビームライン BL-16A (写真1) はアンジュレータから放射される放射光を利用する真空紫外のビームラインであり、図1に示すような光学系の配置となっている。このうちマスク、ワイヤーモニタ、ミラー(M0、M1、M2、振り分けミラーMp、M3、M3')及び回折格子(G)はパルスモータにより駆動される。また、マスクにはリニアエンコーダが、M2 及び回折格子の軸にはそれぞれ超高真空に対応したロータリーエンコーダが取り付けられている。



写真 1. BL-16A

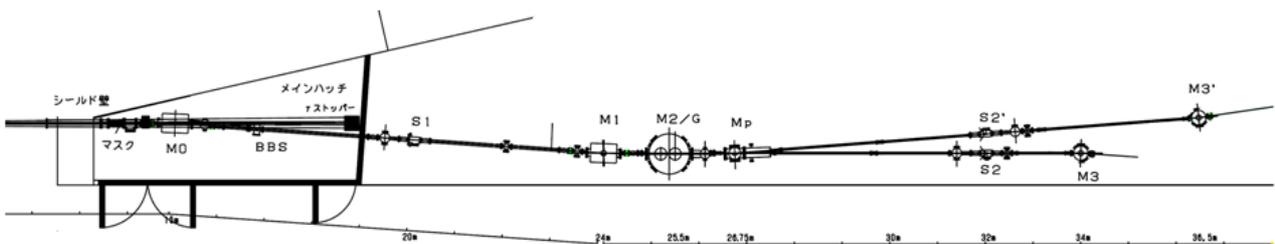


図 1. BL-16A 光学系の配置

#### 1.1 パルスモータ

ワイヤーモニタ、ミラーなどのコンポーネントの駆動軸数(=パルスモータの数)は、マスク 2 軸、ワイヤーモニタ 2 軸、M0 が 5 軸、M1 が 5 軸、M2 が 1 軸、回折格子 1 軸、振り分けミラー 3 軸、M3 が 4 軸、M3' が 4 軸の合計 27 軸である。

各パルスモータは規格に合わせたそれぞれのパルスモータドライバに接続され、2 台のパルスモータコントローラ(ツジ電子製 PM16C-04XD)により制御される。更にこれら 2 台のパルスモータコントローラは Ethernet を介して STARS を用いた制御システムに接続される。

## 1.2 エンコーダ

マスクの X 軸と Z 軸にはリニアエンコーダが取り付けられており RS-232C ポートを持った表示ユニット (SONY LY52) に接続されている。この表示ユニットはシリアルデバイスサーバ(MOXA NPort 5110)を用いて Ethernet に接続されている。また、M2 及び回折格子の回転軸には超高真空に対応したロータリーエンコーダ (HEIDENHAIN RON 905 UHV) が取り付けられており、それぞれエンコーダ用 PC に内蔵されたカウンターカード(HEIDENHAIN IK220)に接続され、角度が読み取られる。

## 1.3 ワイヤーモニタ

放射光ビームのプロファイルを測定するためのワイヤーモニタの出力 X 軸、Z 軸の 2 系統はそれぞれ一台ずつのピコアンメータ(KEITHLEY 6485)に接続される。このピコアンメータは RS232C ポートを有しており、シリアルデバイスサーバ(MOXA NPort 5410)を介して Ethernet に接続される。

## 2 STARS システムのインストール

STARS は PF においてビームライン制御のほか、ビームラインインターロック集中管理システム、実験ホール入退室管理システム、キー管理システムなど幅広く利用されており、さまざまな再利用可能なアプリケーションプログラムが開発されている。STARS では複数のクライアントプログラム(User client、I/O client 等)が TCP/IP ソケットを介して STARS サーバに接続しメッセージの送受を行う事で一つの制御システムを構築してゆく。

STARS サーバ及びクライアントプログラムは同一コンピュータ上にあっても良いが、ネットワークを介した別々のコンピュータ上で動作させても良い。STARS を使用したシステム構築は非常にフレキシブルであり、目的に応じて様々な構成をとる事が出来る。今回は 2 台のパーソナルコンピュータ(以下 PC)を用い M2 及び回折格子のエンコーダ用プログラムを分離した形でシステムを構築する事とした。(図 2 参照)

### 2.1 PC およびネットワーク

ピコアンメータやマスクの表示ユニットに接続されたシリアルデバイスサーバ、2 台のパルスモータコントローラ、メイン PC 及びエンコーダ用 PC の 2 台の PC は制御専用の LAN に接続する事とした。また、この LAN からはブロードバンドルータを介して、機構内のネットワークにアクセス出来るようにした。メイン PC(OS: Windows XP Professional)では M2 及び回折格子エンコーダ用プログラムを除く全ての STARS クライアントおよび STARS サーバが動作する。また、メイン PC にはネットワークインターフェースを 2 つ用意し、片方は専用の LAN に、もう一方は機構内のネットワークに接続した。ユーザーが持ち込んだ PC などからの STARS へのアクセスは、この機構内ネットワークに接続されたインターフェースを経由して行う事ができる。更にエンコーダ用 PC には旧式の PC を用意した。M2 及び回折格子のロータリーエンコーダ 2 軸に対して PCI バスのカウンターカード IK220 が 4 枚必要となる。現状で PCI のスロットを 4 つ以上備えた PC を入手するのが簡単では無かったため、他で使用していた古い PC(OS: Windows 2000 Professional)を流用する事となった。

### 2.2 STARS ソフトウェアの配置

M2 及び回折格子エンコーダ用のプログラム群はエンコーダ PC 上で動作する。なお、エンコーダ PC では

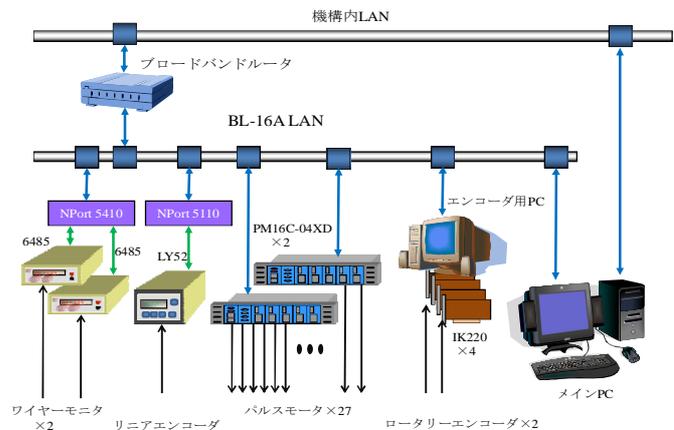


図 2. システム構成

別途 STARS サーバを動作させることとした。当初、エンコーダ用 STARS クライアントは直接メイン PC 上の STARS サーバに接続する予定であった。しかし、サーバの再起動等でネットワークが切断するとクライアントが終了、現在地をリセットしてしまうといった問題があった。今回のビームライン立ち上げでは、メイン PC を移動するためにサーバを停止する必要があるが、その都度エンコーダ原点の再設定を行うのは効率が悪い。エンコーダ用 STARS クライアントプログラム側で対処する方法もあるが、プログラム自体をシンプルにするため、ここではエンコーダ用 PC 上で別途 STARS サーバを動作させ、これに接続する事でメイン PC が停止してもネットワークの切断が起きないようにした。メイン PC の STARS サーバとの接続は今回新たに作成した STARS Bridge を用いるようにしている。なお、メイン PC 上では STARS サーバ、パルスモータコントローラ用 I/O Client、マスクエンコーダ用 I/O Client、ピコアンメータ用 I/O Client、STARS Bridge、操作用 GUI、仮想的なビームラインコンポーネントとして機能する、Virtual component client 等が動作する。

### 3 システムの動作チェックと調整

PC やネットワークの準備及び STARS のインストール作業が終了した後には動作チェックや不具合等の対応が必要となる。ここでは、STARS システムのインストール後実際に行った作業について述べる。

#### 3.1 パルスモータ動作チェックおよび電流の調整

STARS システムのモータ制御用 GUI を使用し、1 つずつ実際にパルスモータを動作させ「正しい方向に回転しているか」、「回転はスムーズであるか」、「発熱等がないか」などの動作チェックを行った。また、可動範囲を超えてしまった際に、インターロックとして動作するリミットスイッチが正しく機能するかのチェックも合わせて行った。今回パルスモータドライバの機種選定と手配、パルスモータコントローラからパルスモータドライバ、パルスモータドライバからパルスモータまでの配線は自前で行う事となったが、作業時間に余裕がなかった事もあり誤配線などが頻発、予想以上の労力を費やす事となった。その後パルスモータの励磁電流の調整も、モータひとつひとつの動作を確認しながら行っていった。

#### 3.2 可動範囲の確認と原点設定

パルスモータの各軸については、可動範囲の確認と原点の設定が必要である。各軸には原点を検出するためのセンサーが可動範囲の中心付近に設置されているので、このセンサーの値が変化した所を原点とし、パルスのカウントを 0 にセットする。今回使用したパルスモータコントローラには、原点を検出ための機能が備えられており、原点を検知すると自動的に停止する。実際の手順としては、はじめに端まで移動させ原点検出のためにスキャンを行い、原点を検出し停止したところでパルスモータコントローラのパルス値を 0 にセットする。次に CW 側のリミットスイッチに当たるまでモータを駆動し、停止したところで値を記録、続いて同様の事を CCW 側のリミットスイッチについて行う。最初 STARS システムのモータ制御用 GUI を用い手動で行っていたが、最終的には Perl によるスクリプトプログラムを作成、すべて自動で行えるようにした。なお、STARS では Perl スクリプトの作成用に、サーバへの接続、メッセージの送受が簡単に行える Perl ライブラリが用意されている。

#### 3.3 エンコーダ読み取りプログラムの調整

エンコーダ読みの確認を行ったが、M2 及び回折格子のロータリーエンコーダ読みとった値のばらつきが大きい事が問題となった。そのため、テスト的にエンコーダ用クライアント側に平均をとる機能を付加する事となった。しかし、エンコーダ用クライアントを改造のために停止すると、現在の値がリセットされ、再び原点検出の操作を行わなければならない。ここでは必要なのは効果を検証する事なので、エンコーダ用 PC 上に Virtual component client と同様の手法で、エンコーダ用クライアントからの読みとった値を平均して返す

STARS クライアントプログラムを動作させる事とした。STARS ではシステムの機能に変更を加えてもシステムを再起動する必要は無いので、この手法を使えばエンコーダの値がリセットされることはない。図3は回折格子の角度を固定して一定時間毎にエンコーダの値を読み取った結果であり、上は平均を取る前、下が平均(読み取り回数 20 回)を行った後のデータである。この結果から平均をとれば実用上問題無い事が分かり、エンコーダクライアントの改造をビームライン調整が終了した時点で行う事となった。

### 3.4 M2、回折格子用プログラムの調整

M2 及び回折格子用の Virtual component client へ角度やエネルギーの設定コマンドを送信すると、Virtual component client は角度やエネルギーからパルスモータへ送るべきパルス数を計算し、パルスモータコントローラ用クライアントにパルス数を送信する。送信するパルス数は計算式より求める事が出来るが、実際には機械的な制度等の問題で誤差が生じる。ここでは使用する範囲で M2 及び回折格子を動かして、パルス数とエンコーダの値を記録。その値を元にフィッティングを行い、計算パラメータに反映させる事で誤差を最小限にとどめるようにした。

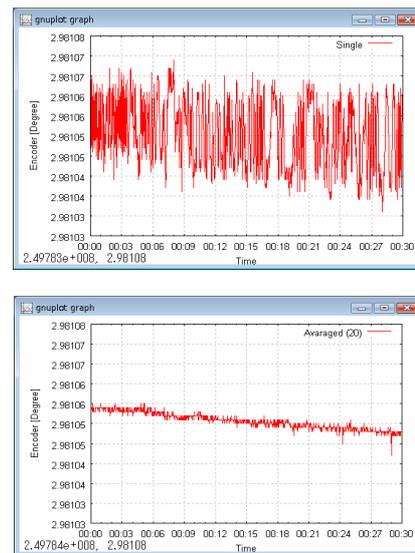


図 3. 平均前(上)と平均後(下)

## 4 実際の使用

STARS システム導入及びシステムの動作チェックと調整が終わると、ビームライン担当者によるビームラインの調整が始まる。今回ビームラインの調整には「可動範囲の確認と原点設定」で利用したスクリプト作成用のライブラリを提供した。また、新たに.NET 環境で動作する GUI も作成した。(図 4 参照)

## 5 まとめと今後の課題

今回 STARS の利用により、容易に BL-16A ビームライン制御システムを構築する事が出来た。しかし、今回パルスモータ関連の設定及び手直しなど、システムの動作チェックと調整の部分で労力を費やす事となった。動作チェックおよび調整作業の効率化は今後の課題である。また、今回使用したスクリプト作成用のライブラリは非常に有効に機能した。今後はこのスクリプトを GUI から動作させるための機能開発を行ってゆく予定である。

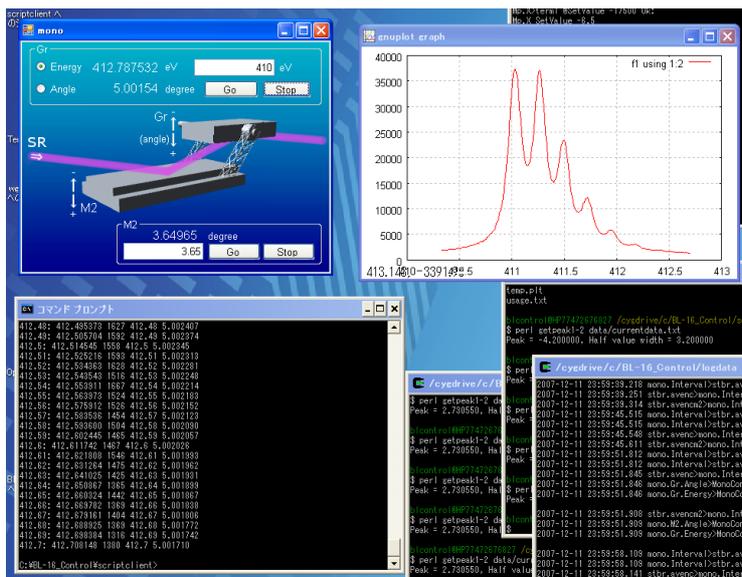


図 4. スクリプトと GUI

## 参考文献等

- [1] <http://stars.kek.jp>
- [2] T Kosuge et al, "Recent Progress of STARS", PCaPAC2005 proceedings, March 2005
- [3] 小菅 隆, et al, "P F におけるビームライン制御標準化に関する取り組み", 平成 17 年度分子科学研究所技術研究会