

# ビームスリットのリモートコントロール ～ XPort, Web I/O の応用例 ～

大和良広<sup>1</sup>

筑波大学研究基盤総合センター 応用加速器部門

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

## 概要

筑波大学 研究基盤総合センター応用加速器部門 (旧 加速器センター) のタンデム加速器で加速されたイオンビームの太さを決定するビームスリットを遠隔制御するシステムを構築した。XPort, Web I/O を利用し PC によってコントロールするシステムである。スリットの位置情報をモニターしながら自由に設定条件を変えられるほか、設定条件を選択して全自動で設定できるようにした。XPort や Web I/O による LAN を用いた安価な遠隔制御の一例として報告する。

## 1. はじめに

タンデム加速器で加速されたイオンビームの太さを決定し、加速器のフィードバック制御にも重要なビーム分析電磁石用スリットが老朽化し精度を要求される実験に不都合なため、新しいスリットを購入し交換する事になった。これまでは分析電磁石室の現場で6枚のスリットを手動で設定していたが、交換を機にリモートコントロール化が望まれ今回のシステム構築を行うこととなった。今まで手動で変えるためにかかっていた時間と労力を軽減し高精度で効率の良い実験遂行が行える様、考慮して設計・製作を行った。

## 2. ビームスリット

タンデム加速器では加速された後、広がったイオンビームを細くかつ発散を制御したビームとするため図1の様に2カ所(赤丸で囲まれた部分)にスリットを設置している。図2の様な X/Y 矩形開口式の4枚スリット(Object Slit) と図3の様な Y 方向2枚スリット (Image Slit) が使用されている。これまで、加速器購入時に設置された手動式のスリットで実験テーマ毎に設定条件を変えたり、同じ実験中でも場合によっては何度もウォータードア (放射線遮蔽扉) の開閉をして現場で設定条件を変えなければならなかった。1回動かすために15分程度の時間を要し更に計測・制御室からかなり離れているため頻繁な設定変更は負担であった。

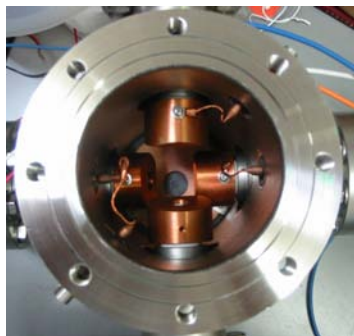


図2. Object Slit の内部写真

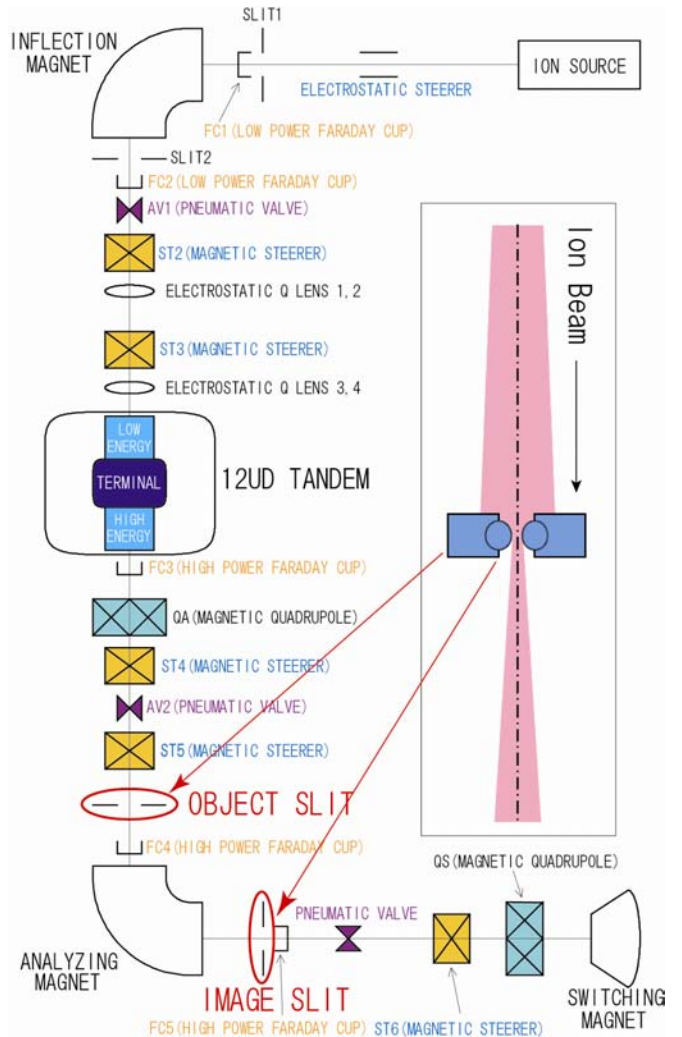


図1. ビームスリットの位置とサイズを絞るイメージ

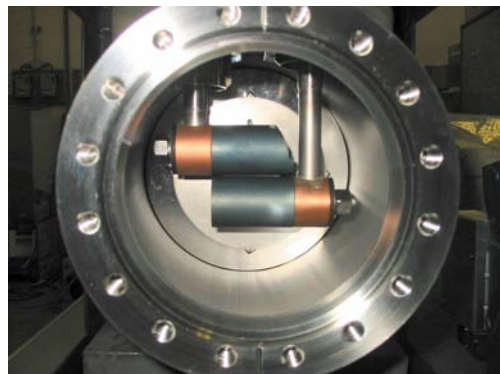


図3. Image Slit の内部写真

<sup>1</sup> E-mail: yamato@tac.tsukuba.ac.jp; Tel: 029-853-6215

### 3. ビームスリット制御系

#### 3.1 ハードウェア

今回のシステムでは、スリットの位置情報をミットヨ社ABSデジマチックインジケータ ID-C112<sup>2</sup>を用いて高精度（5 $\mu$ m程度の精度）に読み取る様に改造した。静電加速器で良く用いられるnec社<sup>3</sup>ハイパワースリットBDS6（図4）などでは標準で位置情報は駆動モーターに連動するポテンショメータ電圧のデジパネ表示と本体にインチ表示のダイヤルゲージが付いているのみである。これらは多芯ケーブルとAC115Vで遠隔制御する設計なので高精度化、省配線化、自動化のためにダイヤルゲージやモーター取り付け部分などの機械部分の改造も行った。

図5に機器の接続状態を示す。ID-C112のデジマチック出力は専用の4CHマルチプレクサ MUX-10FによりRS-232Cに変換され若松通商社 XPort miniユニット完成品によってイーサネットに変換される。これをPCでスリットの位置情報としてモニターしている。

スリットの位置制御は、「高精度が要求される実験」と「設定時間の高速さが要求される実験」の2つの要求を満たすためオリエンタルモーター社US206-401スピードコントロールモーターを用いた。

ステッピングモーターを用いなかったのは現場の回路系を単純にしたかったのと予算の都合である。モーターはオムロン社リレーターミナルG70D-VS0C16を介してLifetron<sup>4</sup>社Web I/O 16点リレー接点出力ユニットRO-16でイーサネットからPCで正転・逆転・停止制御する。



図4. 新品時の Image Slit BDS6 駆動部

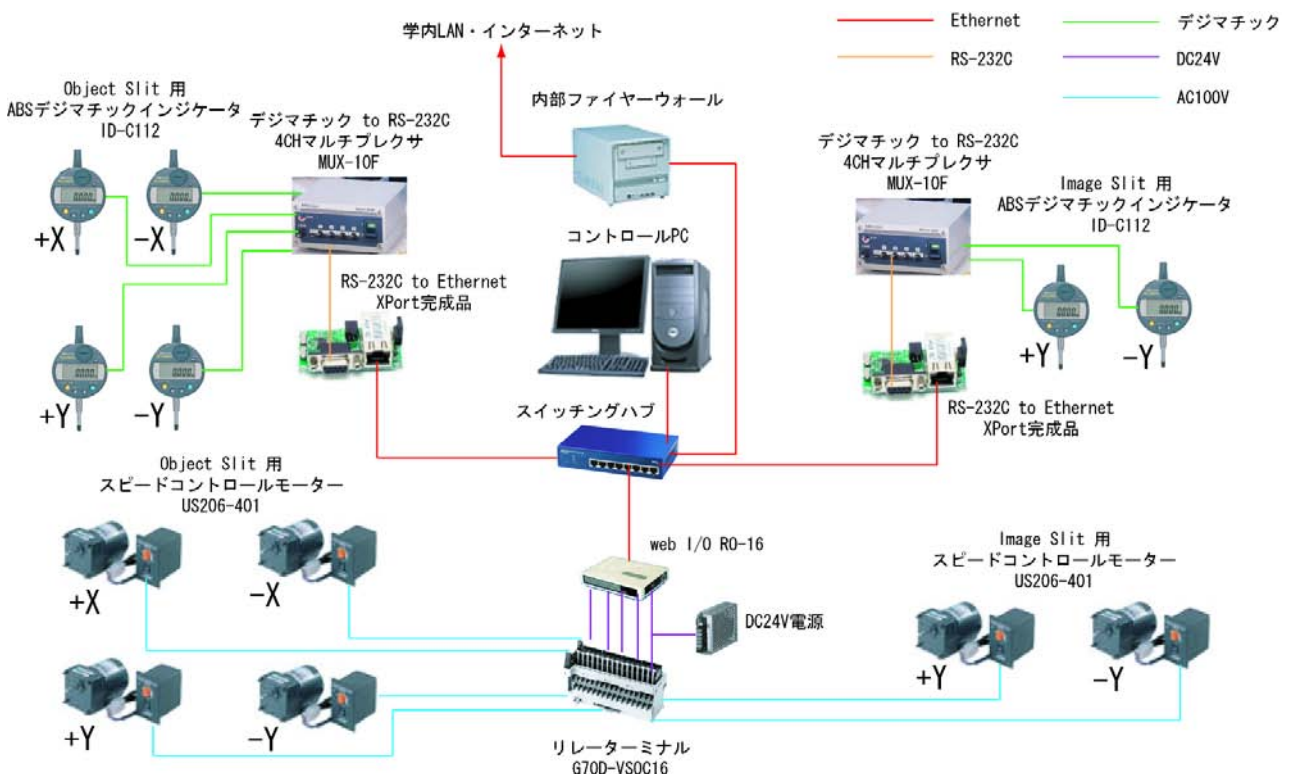


図5. ビームスリット制御系 機器接続図

<sup>2</sup> <http://www.mitutoyo.co.jp/>

<sup>3</sup> <http://www.pelletron.com/>

<sup>4</sup> <http://www.lifetron.jp/>

### 3.2 XPort<sup>5</sup>

米 Lantronix 社の製品で RJ-45 コネクタサイズに CPU、イーサチップ、RTOS、TCP/IP とその上位アプリケーション層までを実装した、親指大の大きさの超小型デバイスサーバである。TCP/IP 通信は一般的に多くの CPU リソースを必要とするが、XPort 自身で必要な通信能力を完結している点が優れている。このため安価なシリアルイーサネット変換の装置として様々な機器に組み込まれ応用されている。

RS-232C を通信手段とした計測機器や装置はまだ多数存在する。このデータを LAN に載せるための装置としては現状最小であり安価であることから、様々な現場で利用できると思われる。単純にパソコンの COM ポートと接続して使用するソフトウェアであれば Com Port Redirector<sup>6</sup> を使用する事によって LAN を通して遠隔にある装置をすぐそばに RS-232C ケーブルでつないだ装置のように利用することも可能である。

オリジナルのソフトウェアの作成には、通常のソケット通信によるプログラミングが必要なのでやや敷居が高いが、Visual Basic、Visual C++、Java、Perl など開発言語や Windows、Mac、Linux などのプラットフォームを選ばない点では優れている。C++ で作成する場合はフリーライブラリソフトの JNetLib<sup>7</sup> などを利用すると良いかもしれない。

ソフトウェア作成中のデバッグの方法は、図 6 の様に 1 台の PC のシリアルポートと LAN ポートの両方を使い TeraTermPro<sup>8</sup> を 2 つ立ち上げ 1 つはシリアル COM1 ポートで接続、もう 1 つは XPort に設定した IP アドレスにポート 10001 で telnet 接続する。この状態でシリアル→LAN、LAN→シリアルの通信を 1 台の PC で確認できる。また、XPort 側（サーバ側）の代役として TCP/IP ソケット通信テスト用のフリーソフトウェア Pilot TCP<sup>9</sup>、TIDT (TCP/IP Debugger Tool)<sup>10</sup> などが非常に役立った。

今回のシステムでは若松通商<sup>11</sup> で販売している XPort01 にシリアルポート、電源、ケースまでセットにした完成品 LANTRONIX Xport mini ユニット（図 7）を使用した。2005 年 1 月現在、初期タイプの XPort01 は販売中止予定になっておりシリアルを高速化した XPort03 に移行する。また、無線 LAN 用の WiPort も発売されている。

今回のシステム作成時に困ったのは、ID-C112→MUX-10F→XPort の接続でマルチプレクサ MUX-10F の RS-232C 入出力を XPort を通すと通信速度 4800bps にまで落とさないと文字化けしてしまった事である。MUX-10F 単体で PC のシリアル I/F につなげば仕様最大速度の 19200bps でも問題なく通信できるため XPort 側の電圧不足を疑っているが詳しく調査していないので解決に至っていない。また、web コントロールが可能であるが port 80 固定なパスワードの制限文字数が少ないのが難点である。ファイアウォールの内側に置き port 80 も遮断しないとセキュリティー上問題である。

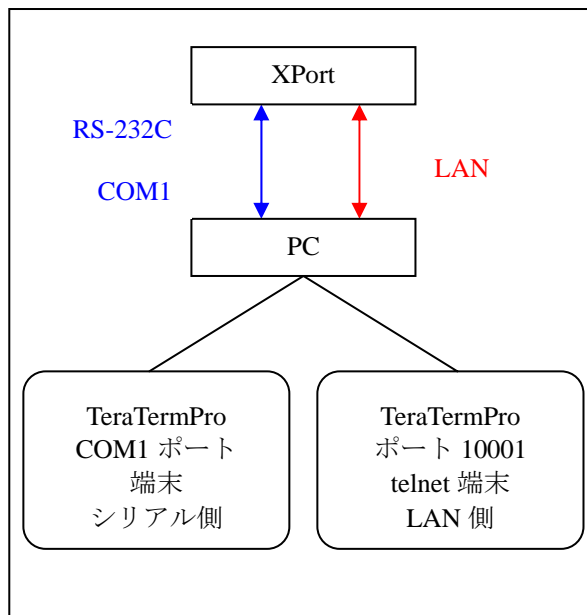


図 6. PC 1 台でシリアル-LAN 通信



図 7. LANTRONIX Xport mini ユニット (A4 印刷でほぼ実物大)

<sup>5</sup> [http://www.lantronix.com/lang/jp/products/ds\\_xport.shtml](http://www.lantronix.com/lang/jp/products/ds_xport.shtml)

<sup>6</sup> <http://www.lantronix.com/device-networking/utilities-tools/com-port-redirector.html>

<sup>7</sup> <http://www.nullsoft.com/free/jnetlib/>

<sup>8</sup> <http://hp.vector.co.jp/authors/VA002416/>

<sup>9</sup> <http://rd.vector.co.jp/soft/dl/win95/net/se178300.html>

<sup>10</sup> <http://www.vector.co.jp/soft/win95/net/se296044.html>

<sup>11</sup>

<http://www.wakamatsu.ne.jp/cgi-bin/shop/shop.cgi?class=4/1&keyword=LANTRONIX>



### 3.3 Web I/O

(株) ライフトロン社<sup>12</sup>の製品で、USB、イーサネット、無線LANの3種類のインタフェース(I/F)を利用したデジタル I/O、リレー接点出力、アナログ入力、アナログ出力、加減算カウンタなど様々な計測制御モジュールがある。計測制御対象が少数である場合手軽に利用できる。またGUIにこだわらなければ付属のデモソフト(図8)で大抵の操作は可能である。パソコンなしでWeb I/O間の信号伝送が可能なマスターI/O Seriesを使えば完全なプログラムレスも可能である。例えばマスターI/OにRO-16(E2)を使用し、スレーブI/OにDI-16(E2)を使用すると16系統のON/OFFスイッチと状態表示ランプの点灯/消灯といった用途に利用できる。LAN内であれば通信が届く限りどんなに離れていても2つのモジュールとLANケーブルだけで省配線信号伝送遠隔スイッチとして利用できる。

今回のシステムでは、図9のフォトモスリレーを用いた16点リレー接点出力モジュールRO-16を使用した。

今回使用したのは発売されて間もない頃購入したモジュールのためEthernet I/FがXPortであった。そのためXPort Firmwareのバグと思われる厄介なトラブルを経験した。XPortにはEmail Triggerという指定したシリアルトリガーでメール送信する機能があるがトリガー無し(None)に設定しても1.2回/秒で無意味なトリガーマッセージが0.0.0.0:25に向けて送信されてしまった。Lantronix社のXPort設定ソフト「DeviceInstaller 3.6」<sup>13</sup>やwebブラウザでの設定ではトリガー無しが反映されず、「telnet」のE-mail settingsでのみ設定が有効になった。

また、WebI/O付属の「WebIO インストーラ」では、IPアドレスの設定しか出来ないため「DeviceInstaller」でnetmask, gatewayを正確に設定する必要がある。gatewayがデフォルトの0.0.0.0のままで応用加速器部門内部ファイアーウォールの内側のスイッチングハブ(PLANEX COMMUNICATIONS Inc. FX-16N)に接続しているとスイッチングハブがフリーズ(ハングアップ)する事態(図10)が起こった。netmask, gatewayを正確に設定するとこの現象は治まったので安全のためXPortを使用する場合はこれらをきちんと設定しておく方が良い。

2004年5月出荷以降のWeb I/O製品は開発の融通の点からUbicom, Inc. IP2022を使用しているとの事なのでこのトラブルはなさそうである。

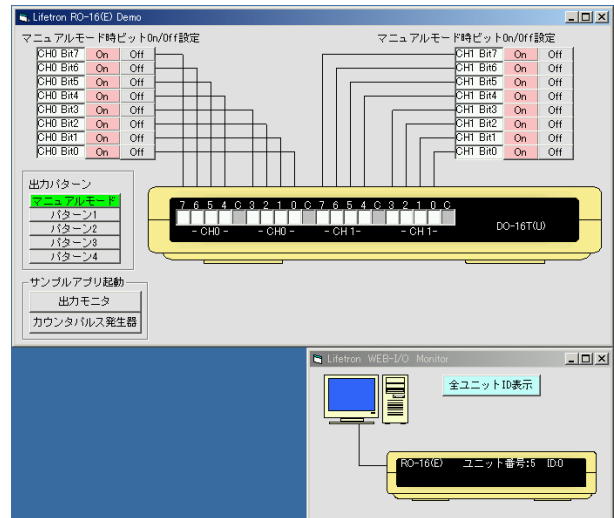


図8. Web I/O デモソフト画面例(RO-16)

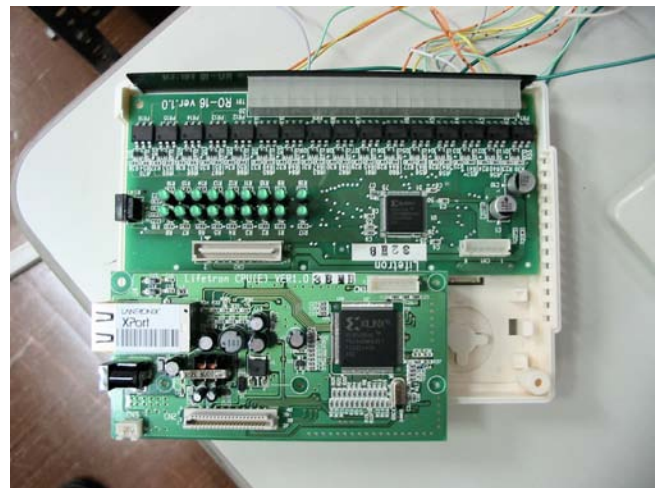


図9. パッケージ開放した RO-16 (旧 Ver.)

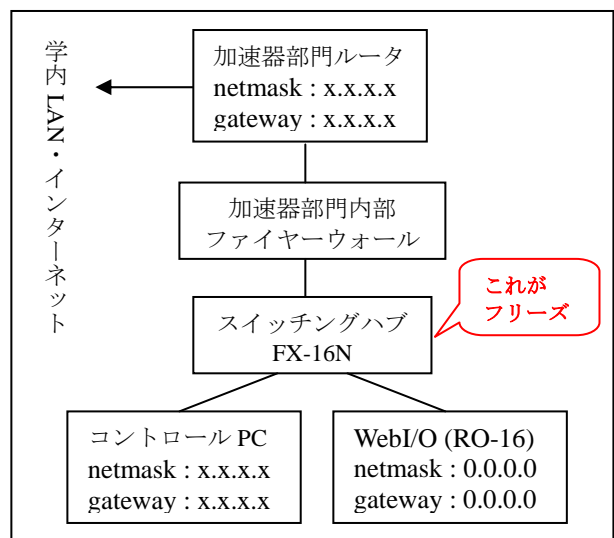


図10. スwitchングハブのフリーズ

<sup>12</sup> <http://www.lifetron.jp/>

<sup>13</sup> <http://www.lantronix.com/device-networking/utilities-tools/>

#### 4. 制御ソフトウェア

制御ソフトウェアはWindows2000 PCでVisual C++で作成した。実行形の最高速化とサイズのコンパクト化を目指すのが主な選択理由であるが筆者がVisual C++の操作に慣れてしまったため作りやすいという理由もある。

図11にコントロール画面を示す。スリットの位置情報をモニターしながら自由に [IN] [OUT] ボタンでスリットの設定条件を変えられるほか、エディットボックスに目標値を入れて個別に [自動設定] できる。また、あらかじめアサインされたスリット設定条件を「位置設定パネル」にあるラジオボタンで選択すると目標値が該当データに変わり個別に [自動設定] または [全自動設定] できるようにした。「位置設定パネル」のデータアサインを変更したい場合テキスト形式の設定ファイルを作り [設定ロード] により再アサインが可能になっている。

通常はスリットの位置確認を行うだけの事が多いのでソフトウェア立ち上げ時にはモニター画面 (図11左側) のみを表示し、実際にコントロールするWindowは「スリットコントロールパネル」メニューより別のダイアログボックス (図11右側) を開き設定後には閉じる様に設計した。

3.2 で述べた様にシリアル通信速度が 4800bps のため位置情報モニターのリフレッシュ時間が長めである。そのため、全自動設定時やマウスボタンによるスリット IN/OUT 操作時にモーター速度が速いと精度良く位置決めするのが難しかった。これを解決するためにスピードコントロールモーターによって高精度設定が必要なときは回転速度を 1/10 程度まで落として正確に位置決めを行える様に工夫した。

この他ユーザーがスリットの位置関係を忘れた場合に参考とするため「ヘルプ」メニューに写真による「位置説明図表示」機能 (図12) を設けた。



図11. ビームスリットコントロール画面



図12. スリット位置説明ヘルプ画面

## 5. 開発環境の問題

図13は筆者がソフトウェア開発を行っている環境の写真である。LAN環境やAC電源が整っていない上、スリット等の比較的大きくて重いハードウェアを開発環境の周りに多数並べなければならないのでかなり手狭であった。開発環境の整備は重要であるが部屋の自由度が低い上、日常業務に忙殺され、なかなか理想通りにはならない。実際にハードウェアを使用する場所（加速器の直近や分析電磁石室など）でのテスト・デバッグ・修正作業は更に劣悪な環境であり、今後、この辺の問題を考えていく必要がある。

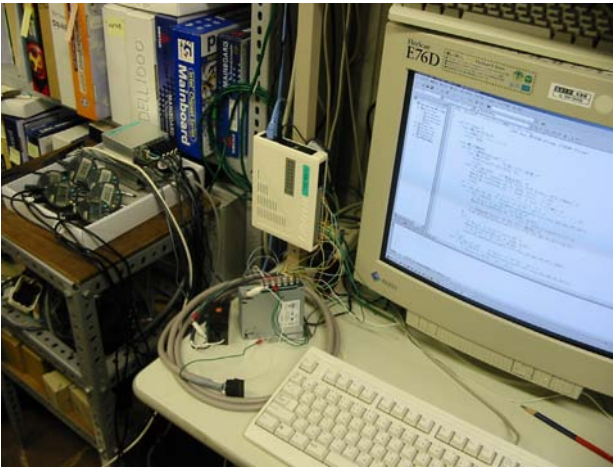


図13. ソフトウェア開発風景

## 6. まとめ

今までビーム条件を変更するために一々ビームを停止し、2階制御室からかなり離れた1階ビーム分析電磁石室まで行き、ウォータードア（放射線遮蔽扉）を開けて現場でスリット設定条件を手動で変えなければならないが、このため条件を変更して実験を再開するまで15分程度の時間を要し、多数回変更が必要な場合操作者の体力的負担も大であった。

このシステムにより、6枚のスリットを同時に実験条件に合った位置に1分以内に設定でき、時間と労力の軽減、高精度で効率の良い実験遂行に貢献することが期待できる。

最後に機械部分の改造・工作を引き受けてくださった研究基盤総合センター応用加速器部門技術専門職員の石井聡氏に感謝します。

## 参考文献

- [1] XPort 製品マニュアル：  
<http://www.lantronix.com/support/documentation.html#embds>
- [2] 小野泰正, et al, シリアルイーサネット変換器 XPort の試用レポート<前編>, トランジスタ技術 2003年9月号, P1-9
- [3] 小野泰正, et al, シリアルイーサネット変換器 XPort の試用レポート<後編>, トランジスタ技術 2003年10月号, P10-19
- [4] 日新システムズ web site：  
<http://www.co-nss.co.jp/download/download-top.html>
- [5] Web I/O 製品マニュアル：  
<http://www.lifetron.jp/download.htm>