

マイクロコントローラを用いたビーム輸送系の改良

大和良広、笹公和、工藤博

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

1. 概要

筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門では、これまでステアリングマグネット、Qレンズなどの電源装置の遠隔制御（加速器ビーム輸送系）をメタルワイヤーとポテンショメータにより行っていた（図1左側）。「第12回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会」で筆者が発表した「静電Qトリプレットレンズの制御系¹⁾」に関する部分だけは多重伝送器を使用し制御線がデジタル化されていたが加速器周りの主要なビーム輸送系は基本的にはフルアナログコントロールであった。このメリットは「リアルタイム」、「制御点に1対1」であり、デメリットは「制御線に乗るノイズや温度変化による出力の不安定」、「分解能不足」、「パラメータの記録・自動設定が不可」などである。

今回、アナログ制御のメリットを活かしつつデメリットを解消するため、様々な装置と方法を検討した結果、コンテック社製「F&eITシリーズ¹⁾」を採用し、安価にビーム輸送系を改良することができた（図1右側）。

2. 装置の特徴とソフトウェア開発環境

コントロールコンソールにマウント可能なマイクロコントローラとタッチパネル、制御点に1対1のロータリーエンコーダ、電源装置直近にI/OコントローラユニットとDAC/ADC/DIOなどのモジュールを配置し、イーサネットで接続されている。マイクロコントローラは耐環境性重視のため、Windowsを動かすにはCPUが非力（AMD Geode SC2200 266MHz）である。「リアルタイム」に近い操作性を実現するために、制御ソフトウェアの開発はVisual C++ 6.0 SP6上でC言語（Win32API）を使用した。Visual C++ 6.0はGUI製作が大変ではあるがBASICや.NET環境より高速な実行形が作れる。なお、マイクロコントローラはFANレス、HDDレスの組込装置の一種である。OSはWindows XP Embeddedであり、OSを含めた全てのストレージは1GBのCF（True IDEモードで動作するCompact Flash）である。

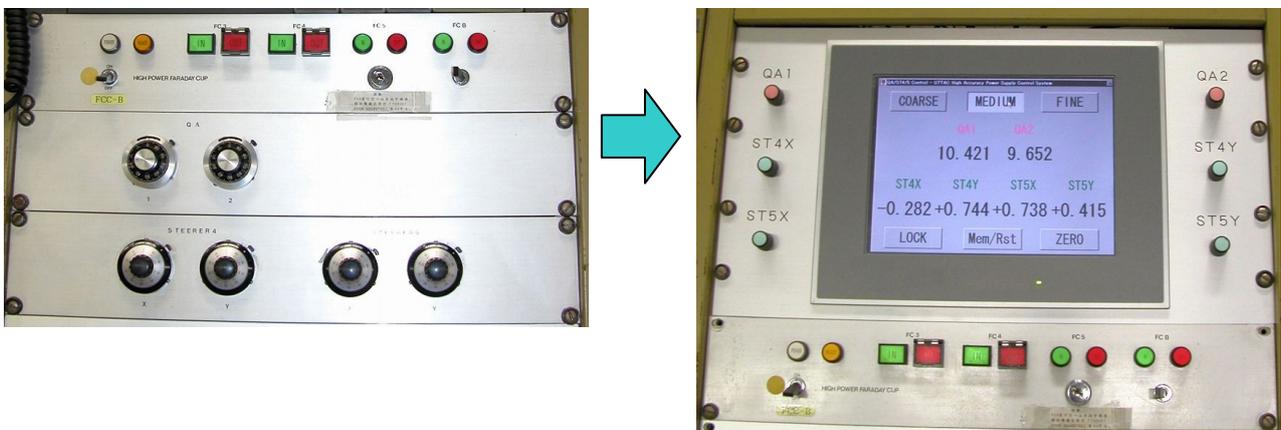


図1. 新旧操作パネル

¹⁾ コンテック 省配線リモートI/Oシステム F&eIT シリーズ <http://www.contec.co.jp/product/device/fit/>

3. マンマシンインタフェースとソフトウェア

筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門でのビームトランスポートオペレーションは、ポテンシオメータによる回転動作でピコアンメータの電流値や ZnS などの蛍光体でのビーム形状を見ながら行われてきた。このため、スタッフがこの操作に慣れておりキーボードやマウスと言ったマンマシンインタフェースや画面を見ながら調整しなければならない仕様は嫌われる傾向にある。筆者も操作ノブの位置により直感的に輸送系を操作できる仕様を好んでいる。そのため、電源装置 1 つもしくは操作点 1 つに対して 1 つの回転つまみを設け、必要数のロータリーエンコーダとカウンタモジュールを用意した。ロータリーエンコーダやつまみの選定も実際にいくつも試して最良の操作感のものを使用した。タッチパネルの液晶画面(GUI)は、パラメータの表示、スイッチ類を必要最小限にして大きく、見やすく、操作しやすくを重視した設計を行った。具体的には、分解能の切り替えスイッチ 3 つ、操作のロック ON/OFF、メモリー/リストア、全出力ゼロの 6 つのスイッチと 5 桁の出力電流・電圧表示のみである (図 2)。

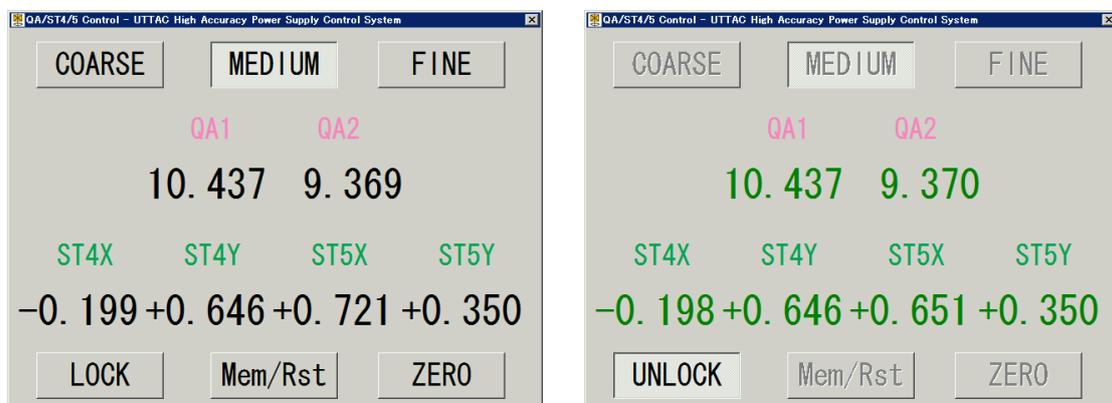


図 2. 操作画面の表示例

また、リアルタイムにビーム電流やビーム形状が変化する操作系に慣れているスタッフなのでコンピュータや通信、DA/ADによる遅延を極力抑えなければならない。そのためには高速なCPUを搭載したPCの利用が開発側には有利だが、マウントするコントロールコンソールが狭小・高温多湿等の劣悪環境な為、耐環境性能の高いマイクロコントローラにせざるを得なかった。開発当時は非力な仕様のもしか無かったが、2008年現在は後継機²がかなりのパワーを持っておりこれを使えばソフトウェア開発の苦勞が少なかったと思われる。

4. パラメータの保存と自動再設定

これまで、ポテンシオメータの値をログブックに手書きで記入しビームトランスポートパラメータとして保存し、次回マシンタイムや同条件の実験時にその値に設定した後、微調整してビーム輸送を行っていた。このため、記録にも同条件への再設定にも時間がかかっていたが、本システムにより一瞬で記録、数秒で再設定が可能になった。筆者はこれまでのシステム開発でデータをたくさん収集しても結局最新の物

しか使わないという経験則を得ていたため、良く使う 10 個のメモリーパネルのみ用意し、そこにその実験時の最新パラメータを上書き保存する運用方法をとった。(図 3) 概ね良好であるが多すぎても少なすぎても使い勝手が悪くなるので、メモリーの数の上限設定は難しい。

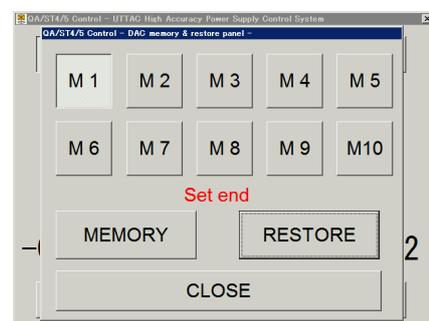


図 3. メモリー/リストア画面

² マイクロコントローラユニット「CPU-SB30 シリーズ」 <http://www.contec.co.jp/product/computer/cpu-sb30/>

5. 高分解能・高安定

今までは、抵抗コントロールの制御線を長々と引き回していたため制御信号ラインに AC100V/200V など電源ラインからの 50Hz のノイズが乗り、その変動が出力電流に少なからず影響を与えていた。しかし、本システムを採用することにより現場直近で制御信号(DC 電圧)をデジタル化しているため 50Hz の周辺ノイズの影響を受けなくなった。(図4)

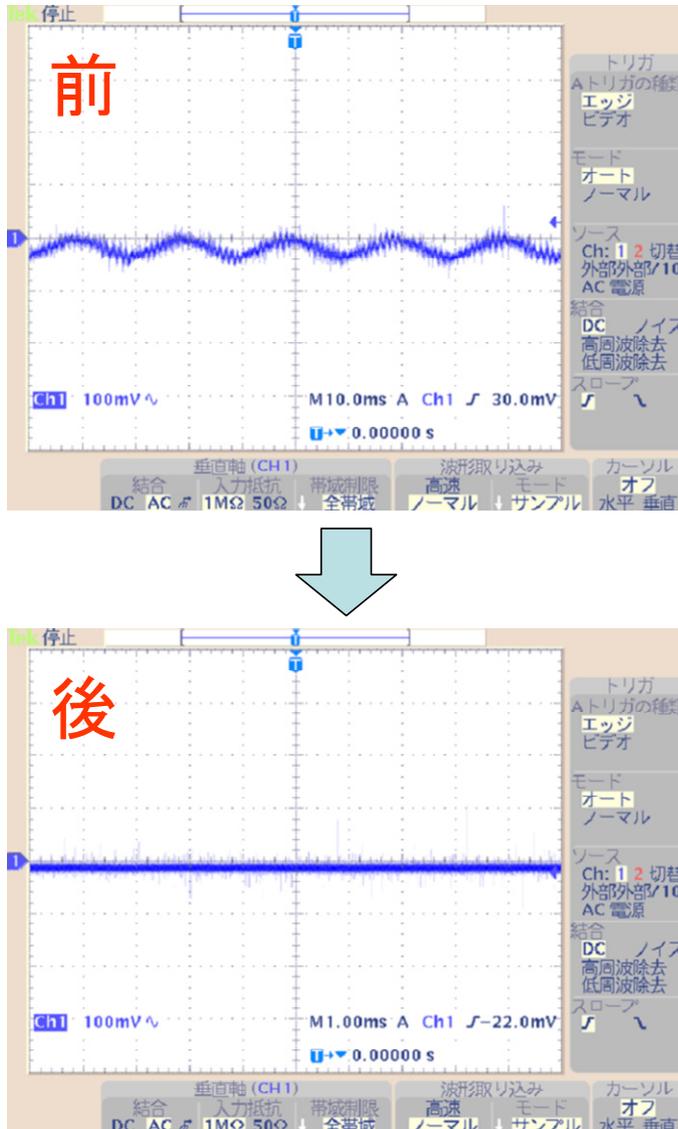


図4. QA 負荷端ノイズ測定結果

また、30A フルスケール(F.S)の電源装置を 10 回転のポテンショメータでコントロールすると 30mA 程度の分解能となり軽イオンのトランスポートなどで分解能不足を感じる事があった。この問題は 16bit DAC を利用することにより 25A F.S.の QA 電源で 1mA 以下の分解能が得られる事で解決した。ビーム輸送時の微調整に役立っている。DAC の長時間変動もテストした。3 日間計測し±10V F.S.で最大 0.012V 変動(0.12%)であった。出力電圧が低いと変動が大きい傾向で、部屋のエアコンが切れた後顕著に同一方向に変動した。温度が安定後は、0.01%の範囲で安定していた。

6. まとめ

本システムにより、旧来のビームトランスポート操作方法を踏襲し、高精度、高分解能なビーム輸送系の実現とパラメータの記録・自動設定が可能となった。ビームトランスポート時間の短縮と省力化に貢献した。

7. 謝辞

装置の設置その他にご協力頂きました部門職員のみなさまに感謝いたします。

本システムの開発に関わる装置の購入に KEK・大学等連携支援事業「マルチタンドム静電加速器による重イオンビーム学際利用への新展開」のご支援をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 大和良広 他：「静電 Q トリプレットレンズの制御系」,
第 12 回タンドム加速器及びその周辺技術の研究会報告集 (1999) P100-104.