

New Control System of AIST Electron Storage Ring TERAS

Sin-ya Hohara ^{A)B)}, Shinji Goko ^{B)}, Hiroyuki Toyokawa ^{A)}, Ryunosuke Kuroda ^{A)}
, Masaki Koike ^{A)}, Kawakatsu Yamada ^{A)}, Hideaki Ohgaki ^{C)}

^{A)} National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
AIST Tsukuba Central 2, Tsukuba, Ibaraki 305-8568, Japan

^{B)} Konan University

8-9-1 Okamoto Higashinadaku, Kobe 658-8501 Japan

^{C)} Kyoto University

Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan

Abstract

A 800MeV electron storage ring at National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), TERAS, is a versatile storage ring, which is used as light source of synchrotron radiation, circular polarized light, inversed Compton scattered gamma-ray and so on. We have been upgrading the magnet control system of TERAS to a new one that is based on LabVIEW & Field-Point to make the system maintenance and the minor upgrade easier.

AIST 電子蓄積リング TERAS の新しい制御システム

1. 緒言

産業技術総合研究所（茨城県つくば市）の電子蓄積リングTERASは、エネルギー利得が2.5程度の第二世代の加速型蓄積リングである^[1]。現在TERASでは放射光による、軟X線の利用研究、真空紫外～軟X線領域における標準光源の開発等が行われている。また、円偏光アンジュレタ光を用いた応用研究も行っている。更にはリング内の電子ビームがエネルギー可変である事を利用して、レーザー逆コンプトン散乱により1～40MeVの準単色線を発生させ、それによる線CT技術の開発や核物理の基礎データ収集等も行われている。

以上のように TERAS は様々な実験に使われているが、運転暦が長い為システムの一部は昔の制御系のみとなっており、システムの管理・保守や運転の一部に非効率な部分がある。そのため、管理・保守のしやすいモジュールを使用した小型・分散型の制御系への移行を検討してきた。

LabVIEW は現在市販されているソフトウェア開発環境の中では、最も簡単な部類に入る開発言語である。これに同社（National Instrument 社）が販売している I/O デバイスの Field Point と組み合わせ、加速器の三大コンポーネントである水・RF・マグネットの制御に適用すれば、制御システムの管理・保守の効率化を実現できる。

TERAS では RF の制御システムは既に LabVIEW - Field Point システムへの移行が完了しており、2005 年 4 月 28 日にマグネット制御システムを LabVIEW - Field Point システムへと切り替えて現在もそのシステムで運行している。

本稿では TERAS の制御システムの概要について述べる。

2. システムの概要

Fig1 に 2005 年 4 月 28 日におけるシステム変更前の TERAS 制御系の概要を示す。マグネットの制御命令は所内 LAN を通じてクライアント PC からサーバ PC へと送られる。RF の制御はネットワーク上の PV データを参照して行われる。マグネット制御信号及び RF 制御信号はそれぞれ PC に接続された DA ボード、Field-Point から出力されている。ビーム位置、ビーム電流、真空、その他制御に必要なデータはデータ計測用 PC に繋がれた AD ボードを通じて収集され、所内 LAN を通じて他の PC へと転送され、そこで PV データへと変換される。PV データは RF 制御の他にデータログや電流量等の確認などに使われる。

Fig1 において、マグネット制御はユーザー PC から所内 LAN を通じてクライアント PC へと命令が送られ、その命令を PC に換装された DA ボードを通してアナログ電圧へと変換してマグネット制御電源へと入力している。

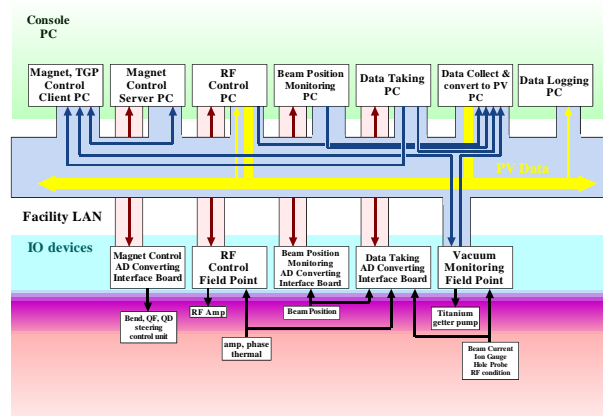


Fig.1 システム変更前の TERAS 制御システムの概要

このシステムにおいて、サーバプログラムとクライアントプログラムはソケット接続による通信を行っていた。このソケット接続は接続確立時を除き、データパケット毎の確認応答が無く、データ通信エラーを生じるといった問題があった。

そこで、データ通信の安定化、システムの変更・管理・保守の容易化を目的として、マグネット制御システムを LabVIEW - Field Point システムへと切り替えた。システム変更後の TERAS 制御システムの概要を Fig. 2 に示す。マグネット制御は制御用 PC において LabVIEW を用いて命令を所内 LAN に接続された Field Point に命令を送り、Field-Point のアナログ電圧出力モジュールからアナログ電圧を出力、制御電源への入力を行っている。

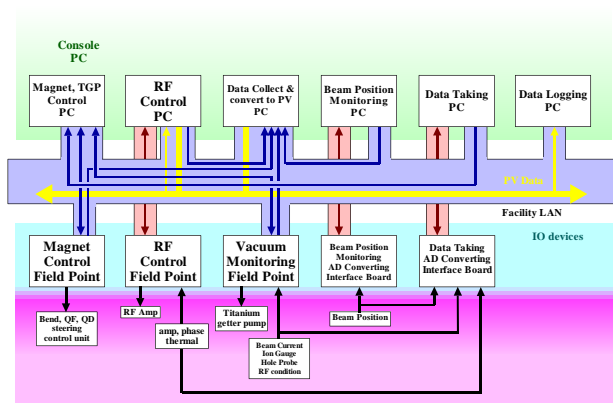


Fig.2 システム変更後の TERAS 制御システムの概要

3. ランプアップ関数

TERAS は蓄積・加速型リングであり、制御するマグネットはベンディングマグネット (BND)、フォーカスマグネット (QD)、デフォーカスマグネット (QF) と水平方向のステアリングマグネット (DSR) 8 個・垂直方向のステアリングマグネット (VCM) 5 個の計 16 個である。基本としては、BND の値を元に他の 15 個のマグネット値が決定される。

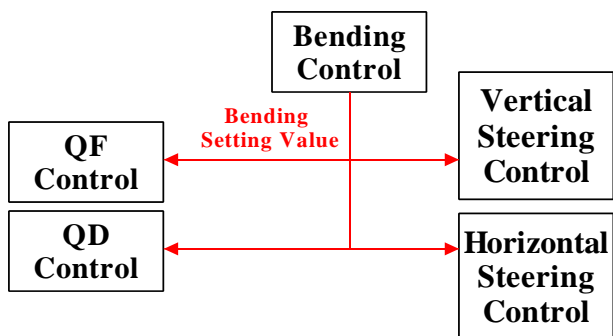


Fig. 3 マグネット制御の流れ

ランプアップ時には、QF・QD・DSR・VCM と BND との同期が重要となる。これらの 15 個のマグ

ネット電流はランプアップの後に個別の実験にあわせて調整するようになっている。現在のマグネット制御の概要を Fig. 3 に示す。

ランプアップの際には BND 電流が時間の関数として与えられ、その値を元に QF、QD、DSR、VCM の電流量を調整する。しかし、それぞれマグネットの電流量を BND 電流の単純な関数で与えた場合、ランプアップ時にベータトロン振動数が大きくずれ共鳴を励起、ビームが不安定になる可能性がある。そのため、ランプアップ時にはマグネットへの電流量をベータトロン振動数がずれないように補正する必要が出てくる。補正を組み込んだ場合、手動で行った場合と行わなかった場合のランプアップ時のベータトロンチューン変動をチューンダイアグラム上での動きで Fig. 4 に示す。Fig. 4 の黒線は整数共鳴ラインである。補正無しの場合、 y の値が大きくなりストップバンドに至ってビームが落ちた。ランプアップ時にベータトロンチューンの手動補正を行った時は非常に安定した動きを示しており、この時の手動補正を関数でフィッティングしたものをランプアップ関数に組み込んだ。その結果、手動補正に比べてチューンダイアグラム上での動きは手動補正に比べて大きいものの、ビームが不安定になることなくランプアップした。

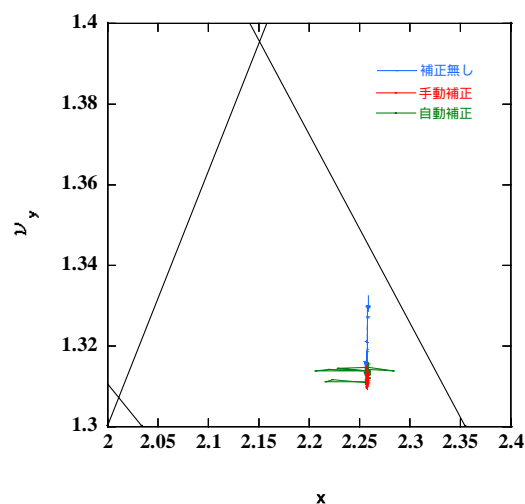


Fig.4 補正の有無によるベータトロン振動数の変化

自動補正を行った場合の、ランプアップ時のベータトロンチューンの時系列変化を Fig. 5 に示す。

現在、ランプアップ関数は二領域に分けて二つの 4 次関数によって記述されている。その為、関数切り替え時にチューンがずれるが、ビームの不安定は引き起こしていない。

現在は、このチューン変動を抑える為の新しいランプアップ関数及び補正関数について検討している。

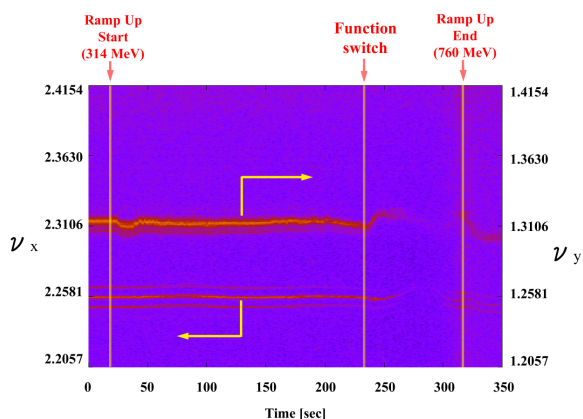


Fig. 5 自動補正を行ったランプアップ時の
ベータatronチューンの変動

4. まとめ

産業総合研究所の電子蓄積リング TERA のマグネット制御システムを 2005 年 4 月 28 日に、LabVIEW - Field Point システムに切り替え、制御システムの管理・保守の効率化を行った。

新システムでは電子の蓄積効率向上のため、ランプアップ時のベータatronチューン安定化の高精度化について検討している。

組み込んだランプアップ関数は二つの 4 次関数で記述されており、その切り替え時にチューンに変動が見られる為、新たに蓄積効率の良いランプアップ関数について調査を進めている。

5. 参考文献

- [1] 富增多喜夫 編著、「シンクロトロン放射技術」、工業調査会 (1990)