

RIBF におけるビームサービス時間可視化システムの実装

IMPLEMENTATION OF VISUALIZATION SYSTEM FOR BEAM SERVICE TIME IN RIBF

内山 暁仁^{#, A)}, 込山 美咲^{A)}, 福西 暢尚^{A)}

Akito Uchiyama^{#, A)}, Misaki Komiyama^{A)}, Nobuhisa Fukunishi^{A)}

^{A)} RIKEN Nishina Center

Abstract

Beam availability is one important factor affecting research productivity of accelerator facilities. In RI Beam Factory (RIBF), the beam availability is defined simply as the ratio of actual beam service time to scheduled beam service time. The availability was previously estimated based on the down time of beam service recorded in our log-books of the paper medium. However, manual estimation of actual beam service time has limitation in its accuracy especially in case of hardware trouble. Hence, in order to realize labor-saving and accurate recording of down time, we have developed a visualization system that automatically records down time by using insertion status of Faraday cups. Implementation of the system has been completed and the system has been successfully operated in recent beam services performed in RIBF.

1. はじめに

理化学研究所仁科加速器研究センターRI ビームファクトリー (RIBF) は超伝導リングサイクロトロン SRC を主加速器とし、入射器に AVF, RILAC, RILAC2、中間段加速に RRC, fRC, IRC を用いる多段加速器システムを有する重イオンビーム実験施設である^[1]。加速器施設の生産性に大きな影響を与える要因の一つにビーム可用度がある^[2]。我々はスケジュールされたビーム供給時間に対する実ビーム供給時間の比をビーム可用度として定義しており、従来オペレータが記入するログノートの情報を元にビーム照射時間を集計しビーム可用度の値を算出して来た。しかしながら、ビームサービス中に、ビーム照射時刻または停止時刻を正確に記録し、かつ集計するのはオペレータの負担になる作業である。なぜなら加速器トラブル等によるビーム供給停止時には、トラブル原因の把握及び対処が最優先事項であり、事象の発生した正確な時刻の記録は後回しに成り易い。よってビームの効率的供給を優先しつつ、正確にビーム供給停止時間を記録するためには、ビーム照射時間を自動計測可能にするべきである。また、実験中において停止時間、その原因、そしてビーム照射時間を可視化する事は加速器のコンディション把握に有用であると考えた。よってビームサービス時間可視化システムを開発した。

2. ビームサービス可視化システムの条件

2.1 システム概要

RIBF の制御系は主に Experimental Physics and

Industrial Control System (EPICS)を用いた分散制御システムで構築されている^[3]。制御されている主な加速器のコンポーネントは電磁石電源、真空装置、イオン源、高周波装置、そしてビーム診断機器などが挙げられる。RIBF ではビーム電流計測に破壊型モニタであるファラデーカップ(FC)が用いられる。そのため、ビームが通過する経路上に設置された FC が挿入されていることはユーザへのビーム供給停止を意味する。よって本システムでは FC の挿入ステータスをイベントトリガーとして利用した。また、RIBF は多数の加速器から構成される複合加速器システムであるため加速モードによりどの FC が実際にビームを止めるかが異なり、更に、3 台の入射器を有するため、同時に 3 種の実験が遂行が可能であり複雑である。これに対応すべくシステムを構築した。なお、ビーム照射中か停止中かのステータスは EPICS の BI (binary input) record として表される。

2.2 RIBF における加速器運転モード

RIBF の入射器は AVF, RILAC, そして RILAC2 の 3 台である。そのうち、AVF と RILAC は独自の照射ポートを有し、各々単独運転で低エネルギービーム実験に用いられる。よって、RIBF で同時に実行出来る実験は以下の 3 種類となる。

- AVF 単独実験

AVF を RIBF の入射器として利用しない場合、AVF 単独でビームを供給するモード

- RILAC 単独実験

RILAC を RIBF の入射器として利用しない場合、RILAC 単独でビームを供給するモード

- RRC/RIBF 実験

AVF, RILAC, RILAC2 のいずれかを入射器とし、RRC を次段の加速器として用いるモードである。RRC で加速したビームをそのまま実験に用いる RRC 実験モードと、RRC で加速されたビームを更に他のリングサイクロトロンで加速して最終的に SRC から取り出されたビームを実験に用いる RIBF

[#] a-uchi@riken.jp

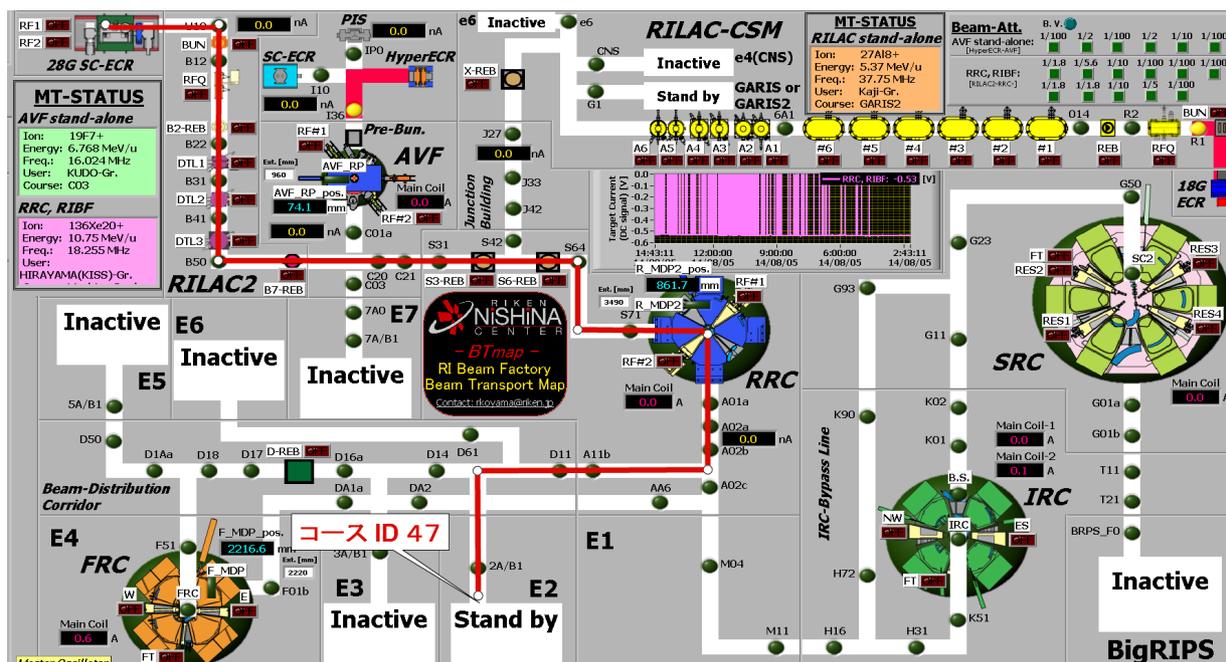


図 1: BTmap^[4]上に示したコース ID の例。28GHz 超伝導イオン源-RILAC2-RRC-E2B 実験室を経由するコースは ID 47 で示される。

実験モードに大別される。

2.3 コース ID

RIBF 制御系は入射イオン源、使用される加速器、ビーム照射される実験室の組み合わせを EPICS soft record を用いた Integer のコース ID として扱っており、現在 1 から 54 まで存在する。図 1 に、Web でビーム照射状況を配信させるシステムである BTmap^[4]の表示を使ってコース ID の例を示す。この例ではイオン源に 28GHz-ECR イオン源、加速器に RILAC2、RRC を選択して E2 実験室に照射しているが、この場合コース ID として 47 が割り当てられる。

コース ID は加速調整の最初の段階で GUI アプリケーションを通してオペレータにより選択される。

3. システム実装

3.1 バックエンドシステム

本システムでは LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP)環境で開発を行うため、バックエンドのデータベースには MySQL を利用した。システムの概要を図 2 に示す。

コース毎にインストールされている FC の情報は予め EPICS record としてデータベース上にコース ID ごとに区別されたテーブルとして格納されている。このデータベースの情報を元に EPICS sequencer^[5]プログラムのソースが自動生成され、EPICS IOC が起動される。オペレータが指定したコース上にインストールされた FC が一つでも挿入された時、EPICS IOC はビーム照射が停止されたと判断し、ビーム照

射ステータスを示す BI record に 0 を格納する。反対に全ての FC が開状態になった時、EPICS IOC はユーザにビームサービスを提供していると判断して BI record に 1 を格納する。この BI record で表したビーム照射イベントを元に Channel Access (CA)クライアント (いわゆる camonitor) が、その BI record の値とタイムスタンプをデータベースの別テーブルに格納する。ビーム停止中に行った FC のオペレーション情報(開閉)も、別途 CA クライアント経由で全てデータベースに格納され、確認可能である。

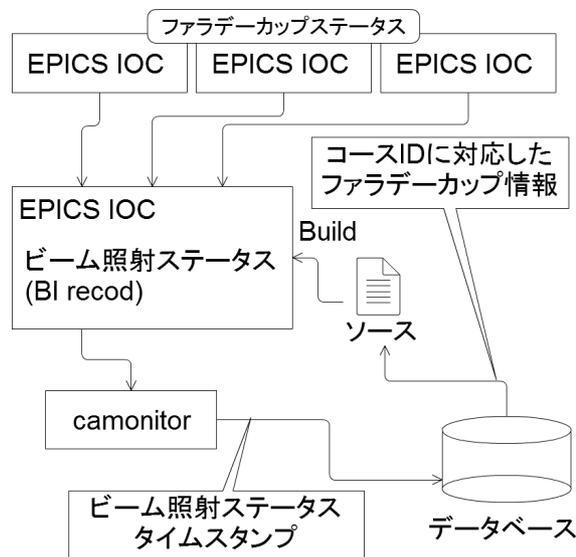


図 2: バックエンドのシステムチャート。

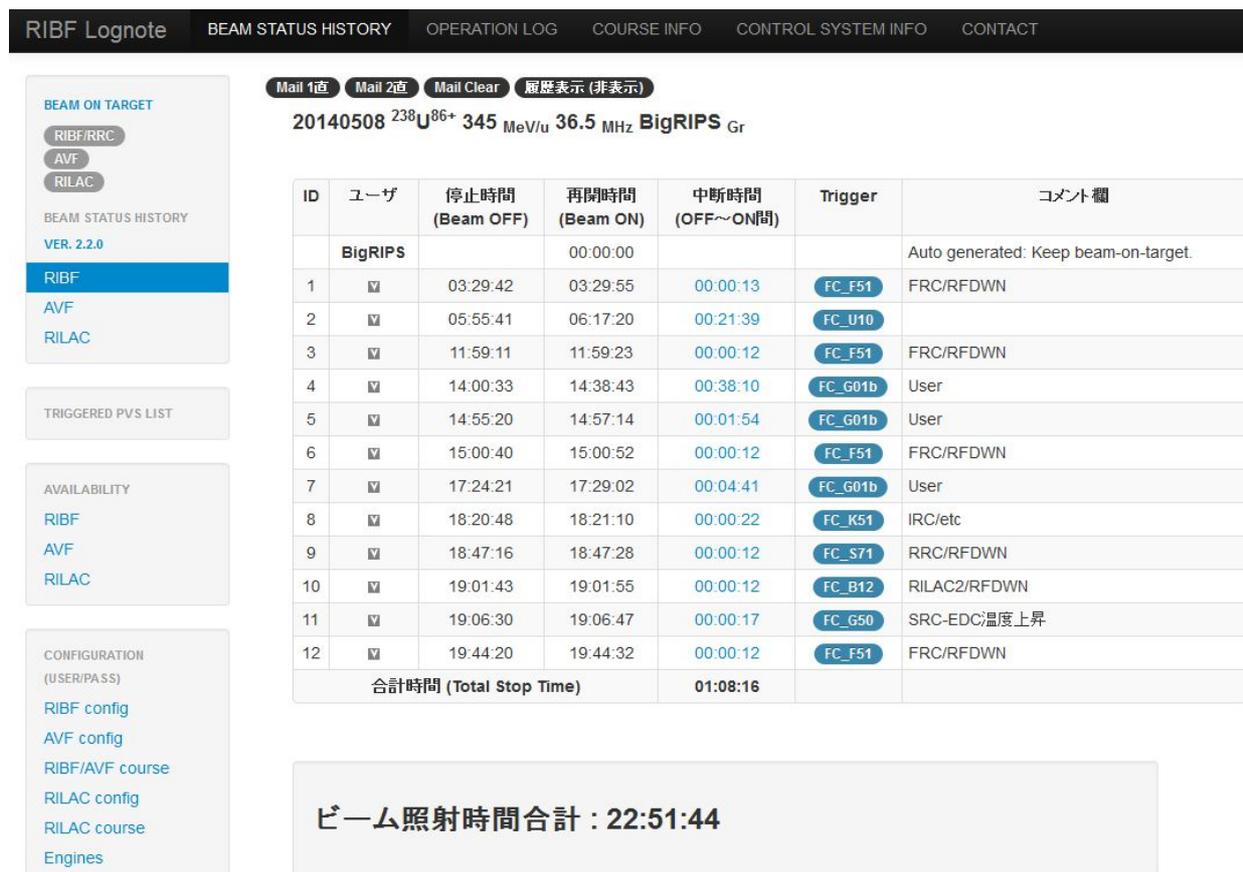


図 3: 照射時間と停止時間を示すユーザインターフェース. コメント欄に停止理由を挿入し、それを元にビーム停止原因のチャートが作成される.

上記のデータベースサーバは VMware vSphere を用いた仮想環境上に構築され^[6]、そのうちハードウェアリソースに CPU (Intel Xeon E5-2630) 4 コア、メモリ 4GB が割り当てた。一般的にデータアーカイブシステムに用いるデータベースの用途には仮想環境は適さないと考えられるが、書き込みがそれほど多くない本システムでは仮想環境上でも十分なパフォーマンスが得られる事を確認した。

3.2 ユーザインターフェース

本システムのユーザインターフェースは Web アプリケーションで実現した(図 3 参照)。本システムは一種のログシステムとなる為、そのユーザインターフェースは操作性、保守性や簡単に複数ユーザでの閲覧を可能にする仕組みといった、いわゆるユーザビリティが重視されるべきである。その点で Web アプリケーションは他のデスクトップアプリケーションに比べ適していると考えられる。

PHP で作成された Web アプリケーションが、バックエンドで格納されたビーム照射情報をデータベースから呼び出すことにより、照射時間や停止時間を計算している。

近年インタラクティブな Web アプリケーションを実現させる用途に WebSocket と呼ばれる Web クライアントと Web サーバ間を双方向通信可能にさ

せるプロトコルが考案されている^[7]。一方で数秒程度の比較的ゆっくりとした画面遷移で十分な本システムにおいて双方向通信は必要ないと考えられる。よって、システム開発の容易さを考慮し、画面遷移は AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) を利用した。本システムでの AJAX 通信は JavaScript ライブラリである jQuery 経由で行っている。また jQuery を利用する事で jQuery を用いたチャートプラグインも利用する事が可能になる。本システムでは jQuery ベースのチャートプラグインの一つである jqplot^[8]を利用して、チャート機能を追加した(図 4 参照)。

現在 Web アプリケーション用のサーバはデータベースサーバとは別のハードウェアを利用している (Intel Celeron 430, メモリ 1GB)。今後はデータベースサーバと同様に仮想環境へ移行していく予定である。

4. 機能

4.1 ビーム停止時のコメント追記機能

加速器運転中に発生した事項、例えばビーム停止時刻や停止に至った原因などはログノートに漏らさず記載されるが、本システムでもビーム停止のイベント毎にその原因を簡便に記入できる機能を付加し

た。更に、記入されたコメントを元に、全体のビーム停止時間に対するその原因の割合を円グラフで表示させる事が可能になっている (図 5 参照)。

4.2 メールサポート

オペレータはシフト引き継ぎ毎に加速器運転状況をメーリングリストに登録された関係者へ通知している。通知されるべき情報はログノートに記載されているので、連絡メールとログノートに同様の文章を記入しなくてはならない場合も多い。そこでオペレータの負担軽減を目的に、本システムには記入されたコメントを用いてフォーマットされたメール報

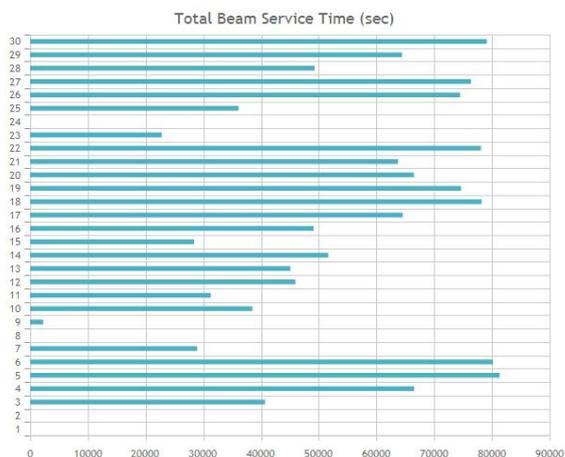
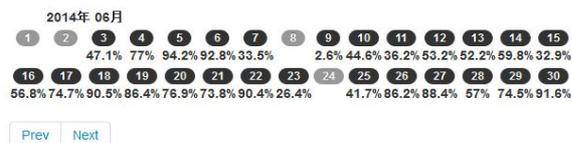


図 4: 2014 年 6 月に行われた実験における、照射時間を日付別に表示させたチャート。

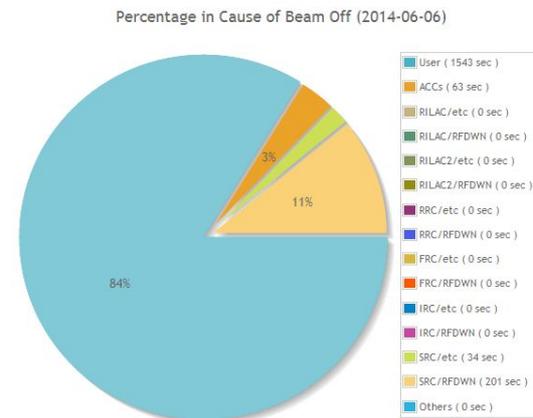
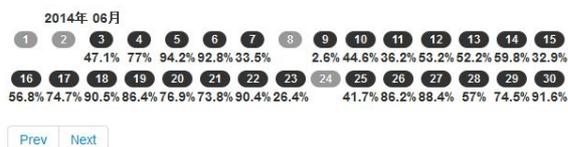


図 5: ビーム照射停止時の原因別に停止時間全体の割合として表示させた円グラフ。

告文を自動作成する機能を取り入れた。オペレータは自動生成されたメール報告文に必要な修正、追記を加えることにより連絡メールを簡単に作成することが可能となった。

5. まとめ

ビーム可用度を正確に集計する為にビームサービス時間可視化システムを開発した。本システムはシフトオペレータの負担を軽減する幾つかの機能も備えている。本システムは初期バージョンを経て ver. 2 が 2013 年 5 月より運用されている。2014 年度の RIBF におけるビーム利用時間の集計⁹⁾において、その有用性は確認された。現在紙ベースのログもまだ多く残されているので、今後は本システムを元に電子ログシステムへの移行をさらに進めていきたいと考えている。

参考文献

- [1] O. Kamigaito, et al., "PROGRESS TOWARDS HIGH-INTENSITY HEAVY-ION BEAMS AT RIKEN RIBF", Proceedings of IPAC2013, Shanghai, China, P. 333-335
- [2] N. Fukunishi, et al., "ACCELERATION OF INTENSE HEAVY ION BEAMS IN RIBF CASCADED-CYCLOTRONS", Proceedings of Cyclotron2013, Vancouver, BC, Canada, P. 1-6
- [3] M. Komiyama, et al., "STATUS OF THE RIKEN RI BEAM FACTORY CONTROL SYSTEM", Proceedings of ICALEPCS2013, San Francisco, CA, USA, P. 348-351
- [4] R. Koyama, et al., "Development of "BTmap": Online visualization of beam-transport status", RIKEN Accelerator Progress Report 44, P. 120-121.
- [5] <http://www-csr.bessy.de/control/SoftDist/sequencer/>
- [6] A. Uchiyama, et al., "System Design and Implementation using Virtualization Technology for RIBF Control System", Proceedings of the 10th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Nagoya, Japan, P. 1109-1112
- [7] <http://tools.ietf.org/html/rfc6455>
- [8] <http://www.jqplot.com>
- [9] S. Fukuzawa, et al., "Status report of the operation of the RIBF ring cyclotrons", in these proceedings.