

## RILAC 制御系への Archiver Appliance の導入

### INTRODUCTION OF ARCHIVER APPLIANCE TO RILAC CONTROL SYSTEM

内山 暁仁<sup>#</sup>, 込山 美咲

Akito Uchiyama <sup>#</sup>, Misaki Komiyama

RIKEN Nishina Center

#### Abstract

At RIKEN Nishina Center, superconducting RILAC (SRILAC) and 28-GHz superconducting electron resonance cyclotron ion source are newly installed and upgraded for the search experiments of super-heavy-elements with atomic numbers of 119 and higher. In RILAC control system, we have used RIBFCAS, which was developed in 2009 at RIKEN as a data archive system. For the control system with this upgrade, we introduced the Archiver Appliance for improvement of the data archiving performance. For introduction of Archiver Appliance in RILAC control system, in order to eliminate the inconvenience to users, Archiver Appliance should be worked by the same approach with RIBFCAS for the users. For this reason, the data format of the existing data archive system is integrated with Archiver Appliance as JSON format. As a result, archiving data of both existing system and Archiver Appliance can be handled by the same viewer software.

#### 1. はじめに

理化学研究所仁科センターRI ビームファクトリー (RIBF) ではニホニウムに続く新元素探索実験を行うため線形加速器 RILAC のアップグレードが進行中である[1]。アップグレード計画の主な要点は、RILAC 下流部に超伝導リニアック (SRILAC) を新たに実装しエネルギーを増強させる事、ビーム強度を増強させるために 28GHz 超伝導 ECR イオン源を実装する事の二点である。2020 年 1 月に最初のビーム加速試験が実施された[2]。RIBF 制御系は主に EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) を用いた分散制御システムで構築されており、今回の RILAC アップグレードでも新規で構築するシステムやリプレースされるデバイスについて、EPICS をベースにシステム構築され、RIBF 制御系とインテグレーションできている。

冷却水温度や各種電源の電流値といった加速器を構成するコンポーネントの時系列データを蓄積するシステムをデータアーカイブシステムと呼んでいる。これらは加速器運転中における予期しないビーム状態の変化の原因解析や各運転パラメータ間の相関の検索、また性能向上を目的としたデータ解析等で利用されている。2009 年より RIBF では EPICS 用のデータアーカイブシステムとして独自開発をした RIBFCAS[3]を利用している。一方で SRILAC ビームコミッショニングに向けて、より高性能なアーカイバを運用させる目的で J-PARC, SuperKEKB や PF-AR で実績がある[4-7]Archiver Appliance の導入を行った。

#### 2. 既存システムとの連携の検討

RILAC 制御系へ Archiver Appliance 導入を検討した時、RIBFCAS を利用しているユーザが従来とデータ取得手法が変わるといった手間を考え、RIBFCAS と Archiver Appliance とを可能な限り同時運用をしていく事を考えた。一方 RIBFCAS のデータ Viewer ソフトウェア

は Adobe AIR を用いて開発されており、Adobe AIR は 2020 年末にサポートが終了することから、運用を長く続けるにはコストがかかる、という問題点がある。また RIBF ではシステムの導入コストを抑えるため、EPICS ベースなシステムだけでなく、商用システムやクライアントとネットワーク機器から成る二層システムも利用されている。主にこれらシステムのデータを格納するためのアーカイブシステムとして SPring-8 で開発された MyDAQ2 が用いられている[8, 9]。これらシステムと Archiver Appliance を統一した手法でデータを取り扱い、Viewer ソフトウェアをウェブアプリケーションで開発できれば問題点が解決すると思った。

RIBFCAS は PostgreSQL、MyDAQ2 は MySQL を用いたデータベースにデータを格納しているため、どちらも直接データベースにアクセスしてデータ取得することは難しくない。また、Archiver Appliance はデータ取得用の "data retrieval URL" が用意されており、JSON、CSV フォーマット等でデータを取得する事が可能である[10]。したがって、異なるシステムにおける連携を実現するために、RIBFCAS、MyDAQ2 はデータベースに直接アクセスし、データを Archiver Appliance と同じフォーマット形式である JSON にコンバートして取り扱う手法を検討、ソフトウェアを開発した。

#### 3. Archiver Appliance サーバスペック

##### 3.1 ハードウェア

SRILAC コミッショニングに向けて用意した Archiver Appliance 用のサーバ計算機の仕様を Table 1 に示す。サーバ計算機を準備するにあたり、2019 年 9 月頃より仮想マシン上でアーカイブすべき EPICS Process Variable (PV)数をテスト的に格納し、5 年分格納できるディスク容量を見積もった。

Archiver Appliance はデータ格納ディレクトリを保存期間で分けて運用することになっており、それぞれ STS

<sup>#</sup> a-uchi@riken.jp

(short term store)は短期間用、MTS (medium term store)、LTS (long term store)と順に長い期間用のディレクトリになっている。今回の導入ではSTSに格納されたデータは1日後MTSに移動、3ヶ月後LTSに移動する設定にした。直近のデータが格納されているSTS/MTSのストレージにはRIBF制御系で実績のあるPCI-Express 3.0/NVMe SSD[11]をインストールして、読み込み速度を上げている。また、インストールされているNVMe SSDはシステムディレクトリとしても利用している。

Table 1: Hardware Specification for Archiver Appliance Server

CPU	Intel Xeon E-2124 3.3 GHz 4 Core
Memory	64 GB
Storage	STS/MTS : NVMe SSD 1.2 TB LTS : SAS 2 TB × 4 (RAID5)

### 3.2 ソフトウェア

CentOS 6.6 x86\_64, archappl\_v0.0.1\_SNAPSHOT\_27-November-2017T16-32-40 の組み合わせで導入テストを行っていたが、実運用に向けては Table 2 に示すバージョンを採用した。Tomcat 以外は yum を用いて CentOS 7.7 の標準パッケージをインストールしている。

Table 2: Software Specification for Archiver Appliance Server

OS	CentOS 7.7 x86_64
DB	MariaDB 5.5.64
Archiver Appliance	archappl_v0.0.1_SNAPSHOT_15-November-2018T10-27-25
Servlet Container	Apache Tomcat 8.5.43

## 4. システム実装

### 4.1 PV gateway

Archiver Appliance は一度に大量の PV へアクセスすることから、ca\_search 時のブロードキャストがネットワークの障害として問題になるケースがある。本システムでは ca\_search に起因するブロードキャストの問題を解決するため、環境変数"EPICS\_CA\_AUTO\_ADDR\_LIST=NO"と"EPICS\_CA\_ADDR\_LIST"でブロードキャストアドレスに PV gateway[12]のホスト名を指定することで、サブネット上全てのホストにブロードキャストが流れることを防止している。

Archiver Appliance の全てのデータ取得は PV gateway を経由しており、PV gateway は RILAC 制御に必要な EPICS Input/Output Controller (IOC)のホスト、合計 44 台が登録されている。Archiver Appliance と EPICS IOC 間に PV gateway を挟むメリットはアーカイブするための IOC が増えた時に Archiver Appliance のプロセスを落とさずとも、PV gateway に当該 IOC ホスト名を追加することで対応出来ることである。Archiver Appliance のデータ取得設定はデフォルトとして"Monitored? true", "sampling period 1.0"にした。

### 4.2 アーカイブデータの取得

RIBFCAS, MyDAQ2 と Archiver Appliance のアーカイブデータを同じ Viewer ソフトウェアで可視化させるべく Web アプリケーションを開発した(Fig. 1 参照)。RIBFCAS と MyDAQ2 は直接データベースにアクセスし、アーカイブデータを取得、JSON フォーマットにコンバートしている。Archiver Appliance は"data retrieval URL"から直接 JSON フォーマットでデータが返るので、RIBFCAS, MyDAQ2, Archiver Appliance とも取得データは JSON フォーマットで統一できた。開発されたシステムのチャートを Fig. 2 に示す。

それら取得データは JavaScript のチャート用プラグインである jqPlot[13]に引数として渡され、Web アプリケーションとしてデータ可視化が実現されている。チャート機能として jqPlot を採用したメリットは、チャートの目盛り間隔を最適化するために Y 軸の最小値と最大値を自動調整してくれる事である。データの相関を可視化する時に Y 軸を設定せずともそれなりに表示できるので有用である。また、開発された Web アプリケーションはアーカイバの種類を引数として与える事により RIBFCAS, MyDAQ2, Archiver Appliance と全てのアーカイブデータを時系列で CSV ファイルとして取得できる。

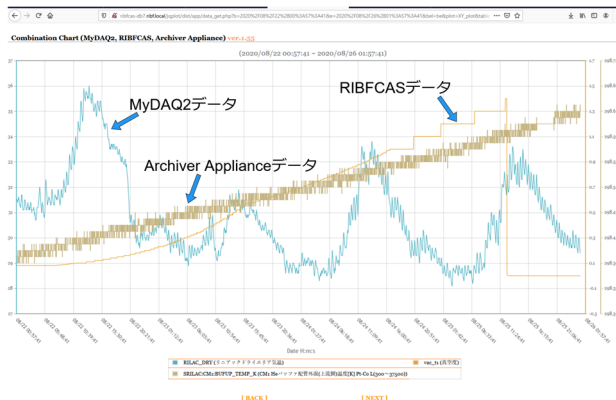


Figure 1: Web application for visualization of archive data by using jqPlot as jQuery plugin.

## 5. 結果

2020年8月現在 Archiver Appliance には約 9,300 点の PV がアーカイブされている。ほとんどのアーカイブされている PV は 1 Hz~10 Hz で格納されているが、ビームポジションモニタ[14]の Waveform データに関しては Archiver Appliance の Data Rate (GB/day) が大きくなりすぎるため、30 秒に 1 度の周期でアーカイブすることにした。

用意された Archiver Appliance のストレージは STS/MTS 用に実容量 1.2 TB, LTS 用に実容量 6 TB であり、導入から 8 ヶ月経過した時点で STS/MTS は 29.5%, LTS は 9.8% を消費している。経過時間とストレージ消費量の関係を Fig. 3 に示す。LTS に関しては 8 ヶ月経過段階で約 600 GB 消費していることから、現在そのまま PV 点数が大きく増えなければ 5 年間アーカイブデータを格納できる、と考えられる。

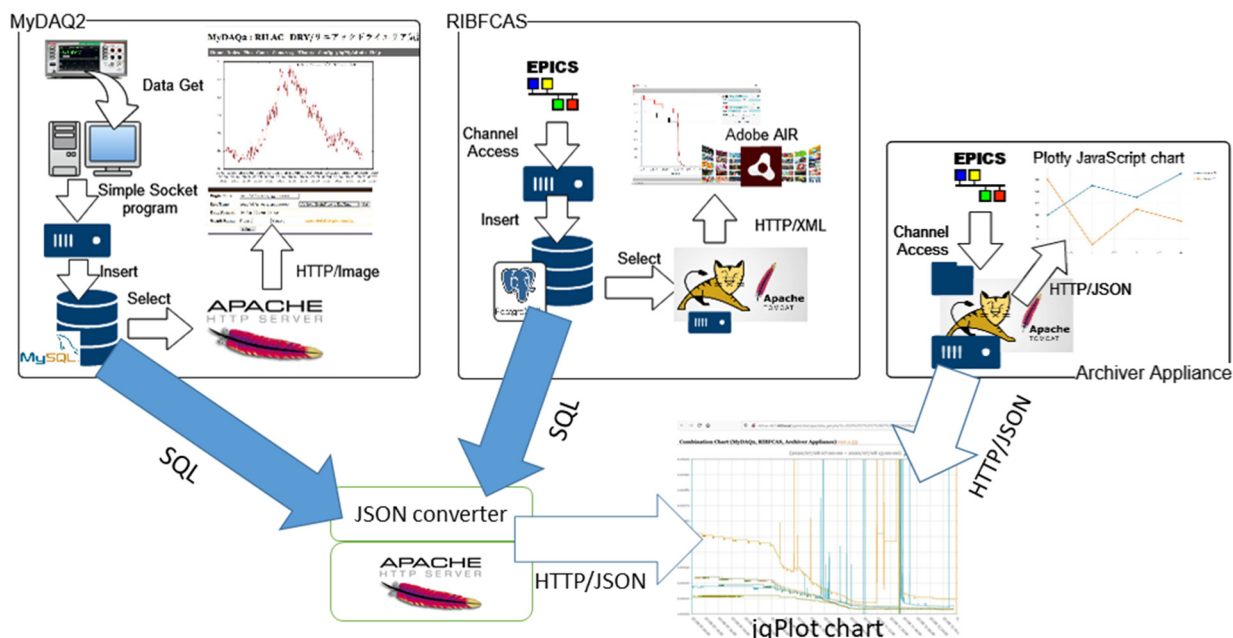


Figure 2: System chart of viewer software. The archiving data for RIBFCAS and MyDAQ2 is handled by Web application as JSON format. The JSON data is passed to jqPlot, which is jQuery plugin, and archived data in JSON format can be visualized as charts along with Archiver Appliance data.

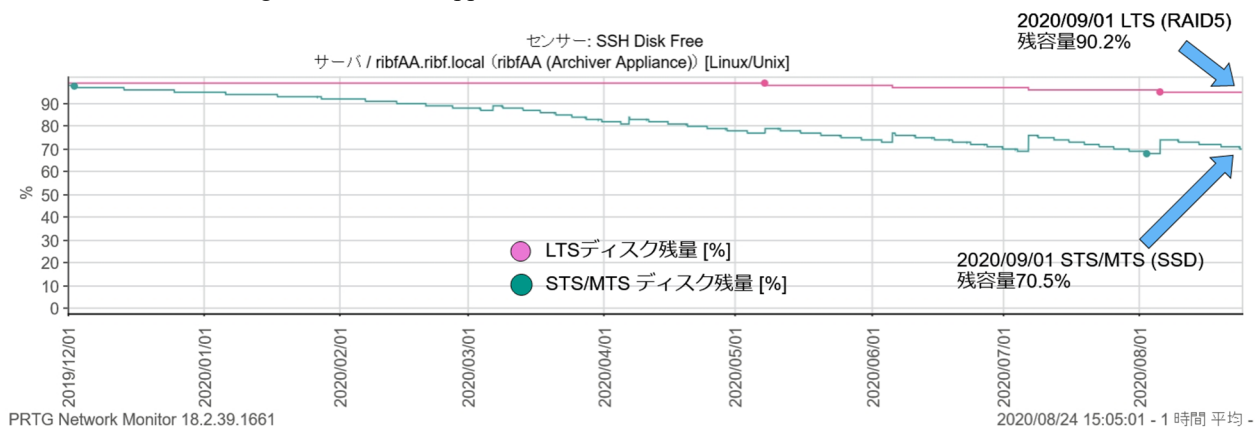


Figure 3: Changes in remaining disk space over the 8 months since the Archiver Appliance was installed for RILAC control system.

## 6. まとめと今後の展開

主に SRILAC ビームコミッションングにむけて Archiver Appliance の導入を行った。実際のビームコミッションングにおいても真空度や温度といった超伝導キャビティの状態をはじめとした加速器の状態をアーカイブし問題なく運用できている。RIBF 制御系の既存アーカイブシステムとの連携も直接 DB にアクセスし、アーカイブデータを JSON にコンバートする Web アプリケーションを開発したことにより Viewer ソフトウェアを共通化することが可能になった。今後はアーカイブされる PV の漏れを防ぐために EPICS 管理システムと連携することにより、自動でアーカイブされる PV を登録するシステム (Automatic Data Archiving[15]) の検討をしている。

## 参考文献

- [1] K. Oyamada *et al.*, "Present Status of RILAC" in these proceedings, No. FRSP06.
- [2] N. Sakamoto *et al.*, "Commissioning of superconducting-linac booster for RIKEN heavy-ion linac" in these proceedings, No. FRPP05.
- [3] M. Komiyama *et al.*, Proceedings of ICALEPCS2011, Grenoble, France, pp. 90-93.  
[https://accelconf.web.cern.ch/icalcps2011/papers/mopk\\_m005.pdf](https://accelconf.web.cern.ch/icalcps2011/papers/mopk_m005.pdf)
- [4] S. Yamada *et al.*, "Deployment of archiver appliance at J-PARC main ring", Proceedings of the 14th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Sapporo, Japan, Aug. 1-3, 2017, pp. 1144-1147.
- [5] H. Kaji *et al.*, "Application of EPICS Archiver Appliance at SuperKEKB", Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Kyoto, Japan, Jul. 31-Aug. 3, 2019, pp. 592-595.

- [6] I. Satake *et al.*, “Introduction of Archiver Appliance in KEK electron positron injector linac”, Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Kyoto, Japan, Jul. 31-Aug. 3, 2019, pp. 861-864.
- [7] T. Nakamura *et al.*, “Deployment of Archiver Appliance at PF-AR accelerator”, Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Kyoto, Japan, Jul. 31-Aug. 3, 2019, pp. 881-883.
- [8] T. Hirono *et al.*, Proceedings of PCaPAC08, Ljubljana, Slovenia, (2008), pp. 55.
- [9] A. Uchiyama *et al.*, Proceedings of PCaPAC2016, Campinas, Brazil, (2016), pp. 35.
- [10] [https://slacmshankar.github.io/epicsarchiver\\_docs/](https://slacmshankar.github.io/epicsarchiver_docs/)
- [11] A. Uchiyama *et al.*, “Improvement of data archive system at RIBF”, Proceedings of the 14th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Sapporo, Japan, Aug. 1-3, 2017, pp. 644-647.
- [12] <https://github.com/epics-extensions/ca-gateway/releases>
- [13] <http://www.jqplot.com/>
- [14] T. Watanabe *et al.*, “Commissioning of the Beam energy position monitor system for the Superconducting RIKEN Heavy-ion Linac” in these proceedings, No. FRPP20.
- [15] Y. Song *et al.*, Nuclear Science and Techniques volume 29, Article number: 129 (2018);  
<https://doi.org/10.1007/s41365-018-0461-6>