

SuperKEKB 加速器における EPICS Archiver Appliance の応用 APPLICATION OF EPICS ARCHIVER APPLIANCE AT SuperKEKB

梶裕志^{#,A)}, 廣瀬雅哉^{B)}

Hiroshi Kaji^{#,A)}, Masaya Hirose^{B)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization

^{B)} Kanto Information Service Co. Ltd.

Abstract

SuperKEKB is an electron-positron collider at KEK. It utilized the home-made archive system named KEKBLog to record the operation data. We developed the test archive system based on the EPICS Archiver Appliance with the two clusters configuration. The expected functionalities of the Archiver Appliance are properly confirmed. The system is suitable for managing the load of the CPU and RAM. In addition to the standard method of data retrieval, we develop the new method with ROOT. It easily enables us to customize the retrieved data so that we analyze and receive more important information. Then we consider the configuration as the main archive system of SuperKEKB. It will be utilized in the autumn 2019 run. The new archive system steadily takes over the role of the current system.

1. はじめに

SuperKEKB 加速器[1]は KEK つくばキャンパスに建設された電子陽電子衝突型加速器である。2016 年より運転を開始され、2019 年 3 月から 6 月の運転(phase-3 運転)では top-up 運転による物理ランが行われた。

SuperKEKB は制御ソフトウェアとして EPICS[2]を採用しており、そのため加速器アーカイブシステムの記録対象は EPICS の Process Variable (PV)である。現在の主力アーカイブシステムは、KEK 独自に開発した KEKBLog[3]であり、これは前プロジェクトである KEKB 加速器時代から継続して運用されている。この他に CSS Archiver[4]も用いて、KEKBLog の不便性を補っている。

EPICS Archiver Appliance[5]は SLAC で開発されたオープンソースのアーカイブシステムであり、その利便性とデータ読みだしの高速性が世界中の加速器で注目されている。日本でも J-PARC 加速器の主力アーカイブシステムとして採用されている[6]。この Archiver Appliance を現在運用中の KEKBLog と CSS Archiver のサービスを統合した後継システムとすることを検討し、SuperKEKB 加速器の 2019 年春期運転中に試験運用を行った。

本講演では試験運用の様子を紹介し、本格運用で予定している仕様について議論する。

2. SuperKEKB アーカイブシステム

KEKBLog は主力アーカイブシステムとして用いられ、100,000 以上の PV 値を記録している。SuperKEKB 運転に関係する重要な情報はすべて記録され、日常の運転シフトの報告資料作成やビーム運転のオフラインでの解析に用いられている。SuperKEKB 運転開始時にはキャッシュサーバーに SSD を採用し、読み出し速度の向上を実現している[7]。

一般ユーザーは KEKBLog へのアーカイブ対象の追加・削除等の作業ができず、これら作業はすべて制御グループが請け負っている。そのため時々刻々変化する

運転方針・手法に対応するには限界がある。

ユーザー個別の要望に柔軟に対応するサブアーカイブシステムとして CSS Archiver を用意している。特定の期間・用途に限定した運転データの記録は、この CSS Archiver で行っており、ユーザー自身が構築・運用を行っている[8]。

しかし CSS Archiver の性能は決して高くなく、KEKBLog に代わる主力アーカイブシステムとすることには疑義が残る。特に、データ記録形式に relational database を採用しているため、読み出すデータ量が大きいときに応答が著しく遅延してしまう。

またサブシステムを自身で構築できるユーザーが少なく、実際のところ、CSS Archiver の構築も制御グループが請け負っている。

EPICS Archiver Appliance はデータ読み出しの高速性に特化したアーカイブシステムである。J-PARC 加速器での運用からも、データ読み出し時間の軽減が報告され[6]、性能面・実績共に主力アーカイブシステムとしても申し分ない。またアーカイブ対象 PV の管理が web 画面上から簡単にでき、システム再起動も要らず、CSS Archiver のようなサブシステムを用意する必要もない。

後述するクラスター化は、システムへの負荷を一部分に限定可能である。また、後日のシステム拡張を容易にする点にも注目している。

3. 試験運用セットアップ

3.1 ハードウェア・ソフトウェア

Archiver Appliance 試験運用のため、新たに 2 台のサーバー計算機を SuperKEKB ネットワーク上に設置した(Fig. 1)。その計算機の仕様を Table 1 に示す。

各計算機に Archiver Appliance のクラスターを 1 つ立ち上げた合計 2 クラスター構造のシステムを構築している。このうち 1 台は制御グループが利用し、残りの 1 台を少数のユーザーに開放し操作性や細かな仕様について意見を求めた。制御グループ用クラスターの計算機には Bucket Selection 用分散共有メモリ[9]が挿入されており、

[#]hiroshi.kaji@kek.jp

50 Hz で変化する入射関連情報の記録も行っている。

Table 1: Specification of Servers

機種名	DL380 Gen10
CPU	XeonB 3104 1.7GHz 6core
RAM	8 GB×6
HD	6 TB×9
OS	Cent OS 7.6
Web container	Apache Tomcat 7.0.92



Figure 1: Servers for Archiver Appliance.

3.2 記録データ

制御グループ用クラスターには、運転電流などの基本情報の他、ルミノシティや衝突点パラメータ情報、そして後述する入射関連データを記録している。ユーザーに開放したクラスターには各自の用途に応じた PV の記録を行った。

今期運転中のデータ記録によるディスク消費量は 1 日当たり 100 MB 程度であった。これはほとんどが入射関連データである。現在、SuperKEKB の入射運転は 12.5 Hz 程度で行われている。将来、最大入射レート(50 Hz) による運転が行われてもディスク消費量は 1 GB を超えないことが分かり、入射関連データによるディスクの圧迫は心配ないことが分かった。

3.3 データ読み出しソフトウェア

データ読み出し方法は web ブラウザ、CSS BOY, MATLAB, Python, Java ベースの Archiver Viewer があるが、このうち web ブラウザと CSS BOY による運用を試した。CSS BOY は version 4 以降が Archiver Appliance に対応しており、問題なく動作することが確認できた。このため今まで CSS Archiver のために作成していた OPI は軽微な修正のみで Archiver Appliance に応用可能である。

この他に、CERN で開発された ROOT version6.06.08 に Google Protocol Buffers を用いることで Archiver Appliance 機能を実装した独自の読み出しソフトウェアも開発した。ROOT は C++文法をベースとしており、同言語の知識を持っていれば、読み出しデータの加工(イベント再構築)が容易である。また GUI のライブラリも備えているため、OPI の作成もできる。Figure 2 は Luminosity

Scan データ表示と fitting を行うパネルのスクリーンショットである。Archiver Appliance には「3 種類の luminosity monitor 測定値」と「衝突点パラメータ」がどちらも時系列データとして保存されている。ROOT の処理の中で「Luminosity Scan 期間のデータを取得」「時刻情報を基に取得データ間の紐づけ」を行い、2 次元プロットを作成している。また luminosity と運転電流の紐づけも行うことで specific luminosity も同定しプロットしている。

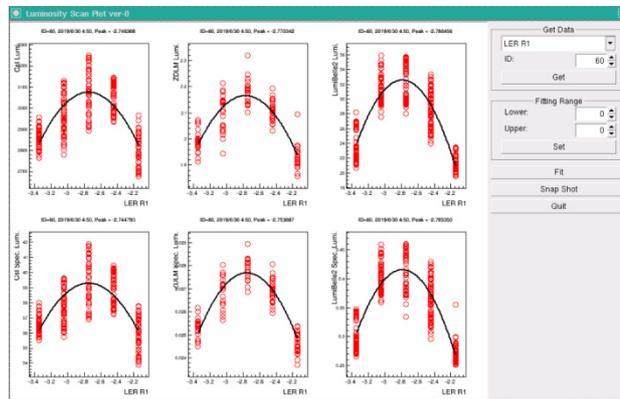


Figure 2: Luminosity Scan Plot.

3.4 入射関連データ

入射関連データは入射器運転のパルス毎に保存されている。これらの情報の取得システムは CSS Archiver を基に開発[10]されたが、それを Archiver Appliance にも記録している。

ここに衝突点付近に設置された diamond sensor の出力値も新たに記録している。Figure 3 は 2019 年 7 月 1 日の午前 4 時から 9 時の測定結果である。測定と記録は 10 Hz の頻度で行われており、入射レートがこれより低いときには、前節で述べた ROOT による PV データ間の紐づけを行うことで、入射運転に関連する衝突点バックグラウンドをパルス毎に得ることができる。

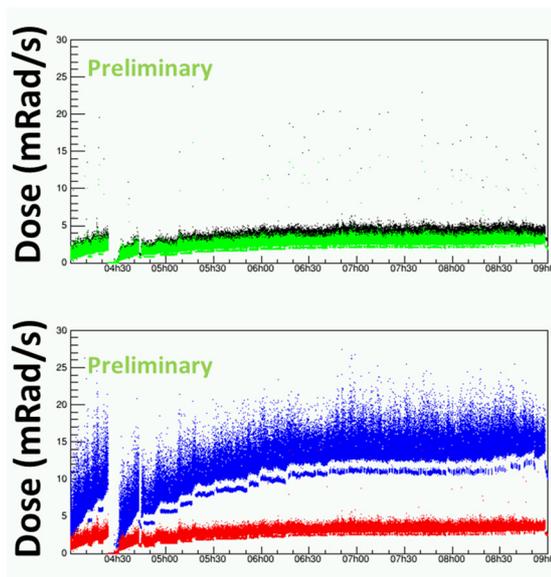


Figure 3: Dose Rate at Diamond Sensors.

Diamond sensor 測定値は一定ではなく、しかも特定の入射パルスで著しく高い値を示すことが分かっており、この入射パルスの情報を詳しく調べることで、入射に起因する衝突点背景事象の理解を助けることができる。

4. 主力アーカイブシステム仕様の検討

4.1 ユーザーによる管理システム

Archiver Appliance への記録対象 PV の登録・削除・停止などは、すべてのユーザーに委任する。これにより加速器運転の状況に応じた柔軟な運用を実現する。これらの処理は管理ウェブブラウザから簡単にできる。これに伴い CSS Archiver のようなサブシステムは廃止する。

4.2 クラスタ構成

主力アーカイブシステムとするうえでは、各ユーザーがもたらす負荷を検討しなければならない。中には ICT リテラシーが低いユーザーもあり、アーカイブシステム全体が不調になるほど負荷の大きいプロセスが実行される可能性がある。実際、J-PARC 加速器が Archiver Appliance を導入した理由の一つもアーカイブシステムの処理を律速してしまうユーザーが後を絶たなかったことである。

Archiver Appliance の持つクラスタ化機能により負荷を分散し、限定することを考える。Table 2 に検討した 3 つの構成例を挙げる。一つ目の例(以後エコミープランと呼ぶ)は 1 つの計算機に 1 つのクラスタを構築し運用するプランである。このプランは運用が容易である反面、ユーザーが CPU, RAM, ネットワークにもたらした負荷がシステム全体に及ぶ危険がある。

そこで 2 番目の例(ビジネスプラン)により、主力アーカイブシステムを構築することにする。このプランではハードウェアグループ毎にクラスタを用意する。Archiver Appliance はクラスタ構築時に RAM の割り当てを行うため、あるクラスタで RAM 負荷が増大し、システムのパフォーマンス低下が起こっても、それが他クラスタに影響を及ぼさない。このプランでは同じ計算機に実装されたクラスタ間では CPU を共有するため、CPU への負荷はお互いに影響を及ぼしてしまう。

将来、CPU 負荷が大きくなり、Archiver Appliance プロセスを律速するような事象が起こった際には、各クラスタに計算機を用意する 3 番目のプランへのアップグレードを考える。その際、計算機を接続するネットワークスイッチを分散すると、ネットワーク通信の負荷も分散することが可能である。

4.3 ストレージ構成

Archiver Appliance は「Short Term Storage (STS)」「Middle Term Storage (MTS)」「Large Term Storage (LTS)」の 3 つのデータ記録領域を持っており、領域ごとにデータの保存期間を設定できる。取得データはまず STS に記録され、保存期間が過ぎるたびに MTS, LTS と移されていく(LTS の保存期間が有限の場合、その期間を過ぎたデータは消去される)。

現在のところ STS に保存期限を定めておらず、データ移行は行われない。また十分な記憶領域(計算機 2 台合計で 100 TB)の用意があると判断しているため、データ

の消去も見当していない。

今後、主力アーカイブシステムとして運用するうえで、KEKB 時代のデータのコンバートの要望があれば、LTS として NAS を構成し、そこへの記録を検討する。また後述する運転シフト専用クラスタにおいて、RAM や SSD の STS とハードディスクの MTS を構築する予定である。

4.4 運転シフト専用クラスタの検討

SuperKEKB では加速器運転を担当したシフトメンバーに、翌日早朝の会議でのシフト報告が義務づけられている。その際の報告資料は KEKBlog に記録されたデータを用いて作成されている。Archiver Appliance を主力アーカイブシステムとするにあたり、データ読み出し速度を特に速めた「運転シフト専用クラスタ」を用意し、報告資料の作成を手助けする予定である。このクラスタは資料作成に必要な少数の PV のみを記録する専用のもとし、STS の記録媒体として以下 2 種類のどちらかを考えている

1 つ目は SSD を STS とする方法である。KEKBlog でもキャッシュサーバーに SSD を設置し、読み出し処理を高速化した実績がある。新たに SSD を購入しサーバーに設置する必要があるが、その効果は十分に期待できる。

もう 1 つはサーバー上の RAM を STS とする方法である。例えば 1 日分のデータだけ RAM で構成した STS に記録し、シフト報告作成のみに用いることにすれば、そのプロット作成の際には SSD より高速なデータ読み出しが期待できる。しかし RAM 上に記録されたデータはサーバーの再起動等の処理で消えてしまうため、この場合は運転シフト専用クラスタを他クラスタと関連しない完全独立なクラスタとして構築し、そこに記録する PV は他クラスタにも記録しておくような冗長化が必要である。

5. まとめ

EPICS Archiver Appliance を SuperKEKB 加速器の後継アーカイブシステムとするべく、その検討と試験運用を行った。

試験運用では 2 台のサーバー計算機にクラスタを構築した 2 クラスタ構造を取ったが、クラスタ間でのデータのやり取りは問題なく、ユーザーの使用感には 1 つのシステムと感じられるものであった。今後は RAM・CPU 負荷の他クラスタへの影響を調査する予定である。

データ読み出し方法として、標準装備されている web ブラウザ・CSS BOY の他に、ROOT を用いたシステムを開発した。このシステムは C++ 文法をベースにしたスクリプトにより読み出しデータの加工が容易にできる。また GUI ライブラリや専用の relational database を持っており、記録データの活用方法を大きく広げることができた。

今後の運用は、まず各ハードウェアグループに 1 つづ

Table 2: Specification of Servers

	クラスタ	計算機
エコミー	1 クラスタ	1 台
ビジネス	各ハードウェア	現行の 2 台
ファースト	各ハードウェア	各ハードウェア

つクラスターを用意し、現行の 2 計算機に構築する予定である。これとは別に読み出し速度が特に速い運転専用クラスターを用意し、通常の運転シフト業務に役立ててもらおう予定である。

謝辞

J-PARC 加速器制御グループの山田秀衛氏には、Archiver Appliance 構築にあたりご助力いただき、またその後も多くの有用なご助言をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Y. Ohnishi *et al.*, “Accelerator design at SuperKEKB”, Prog. Theor. Exp. Phys., 2013, 03A011.
- [2] EPICS website; <http://www.aps.anl.gov/epics/>
- [3] T.T. Nakamura *et al.*, “Data Archiving System in KEKB Accelerator Control”, in Proc. ICALEPCS’05, Geneva, Switzerland, 2005.
- [4] CSS website;
<http://cs-studio.sourceforge.net/docbook/ch11.html>
- [5] EPICS Archiver Appliance website;
https://slacmshankar.github.io/epicsarchiver_docs/
- [6] S. Yamada *et al.*, “Deployment of Archiver Appliance at J-PARC Main Ring” in Proc. of 14th Annual Meeting of PASJ, Sapporo, Japan.
- [7] A. Morita, “Improvement of Data Archive Reading Speed for SuperKEKB”, in Proc. of 13th Annual Meeting of PASJ, Chiba, Japan.
- [8] K. Aoki *et al.*, Abstracts of CSSJ Conference, Vol. 92 (2015) p.85.
- [9] H. Kaji *et al.*, “Bucket Selection for the SuperKEKB Phase-3 Operation”, in Proc. of 15th Annual Meeting of PASJ, Nagaoka, Japan.
- [10] H. Kaji *et al.*, “Archive System for Injection Current at SuperKEKB”, in Proc. of 15th Annual Meeting of PASJ, Nagaoka, Japan.