

# KEK 電子陽電子入射器における Angular を用いたオペレータインターフェースの開発

## DEVELOPMENT OF OPERATOR INTERFACE USING ANGULAR IN KEK e-/e+ INJECTOR LINAC

工藤拓弥<sup>#, A)</sup>, 草野史郎<sup>A)</sup>, 佐藤政則<sup>B, C)</sup>, 佐武いつか<sup>B)</sup>

Takuya Kudou<sup>#, A)</sup>, Shiro Kusano<sup>A)</sup>, Masanori Satoh<sup>B), C)</sup>, Itsuka Satake<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd

<sup>B)</sup> High Energy Accelerator Organization (KEK), Accelerator Laboratory

<sup>C)</sup> The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), Department of Accelerator Science

### Abstract

The KEK electron/positron injector linac provides the beams of different energies to five independent storage rings. Operational information such as injection history is recorded in an electronic logbook system. The original electronic logbook system was developed as Web application using Adobe Flash. However, in 2020, the support of Adobe Flash was terminated. For this reason, we develop a new user interface using Angular framework instead of Adobe Flash. In this paper, we present the detailed description and operation status of new operator interfaces developed with Angular.

### 1. はじめに

KEK 電子陽電子入射器 (以下、入射器) は、SuperKEKB 電子/陽電子、陽電子ダンピングリング、PF、PF-AR の異なる 5 つの下流リングに対して、電子および陽電子ビームを供給している。

これら各リングへのビーム入射履歴、その他詳細な運転情報は、1995 年に導入した電子運転ログブックシステムに記録されている。電子運転ログブックシステムは、導入以降も改良を重ね、現在はバックエンドデータベースとして PostgreSQL を使用した Web アプリケーションとして運用をおこなっている。Web ブラウザ上で動作するフロントエンド部は、React と並んで代表的な Web アプリケーションフレームワークとして知られている Angular[1] を用いて開発した。また、アーカイブシステムのビューア Web アプリケーションも Angular を用いて開発し運用に至っている。

本稿では、入射器で運用しているオペレータインターフェースのうち、Angular を用いて開発されたものをいくつか報告する。

### 2. Adobe Flash から Angular への移行

入射器では、2010 年の電子運転ログブックシステムの Web アプリケーション化[2]以降、Web アプリケーションのフロントエンドに Adobe Flash を多く用いていた。

Flash アプリケーションは、単純な HTML で記述されたページに比べて操作性や表現力に優れており、Flash Player が動作する計算機環境であれば OS を問わず動作可能である。また Web アプリケーションであるため、再配布が容易であり、インストールを必要とするネイティブアプリケーションと比べ、運用管理面の煩雑さが格段に減少した。これらのアプリケーションは開発以降、安定した運用を続けていたが、2020 年の主要 Web ブラウザの

Adobe Flash Player サポート終了を受けて新たなフレームワークへの移行が急務となった。

入射器では、Adobe Flash に代わるフレームワークとして Angular に着目した。Angular は Google が中心となったコミュニティにより開発されている Web アプリケーションフレームワークであり、シングルページアプリケーション (SPA) の開発に適している。SPA は画面偏移をおこなわず必要なデータのみを送受信するため、ネイティブアプリのように高速に動作するのが特徴である。

### 3. Angular を用いたオペレータインターフェース

#### 3.1 電子運転ログブックシステム

電子運転ログブックシステムは、データベース部、運転情報自動書き込み部、ユーザーインターフェイス (UI) 部、および運転情報を配信する Web ページ生成部から構成されている。本システムは、入射器基幹制御系との親和性を考慮し、Linux 上のアプリケーションソフトウェアとして構築した。データベース部は、オープンソースのリレーショナルデータベース管理システムである

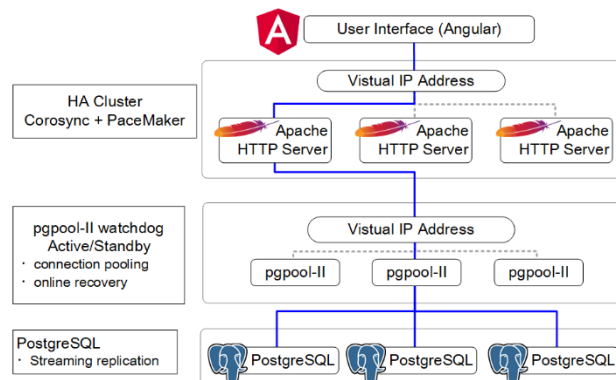


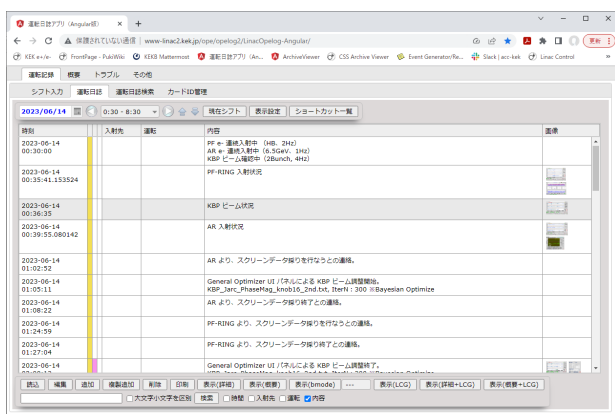
Figure 1: Diagram of electronic logbook system.

<sup>#</sup> kudoh@post.kek.jp

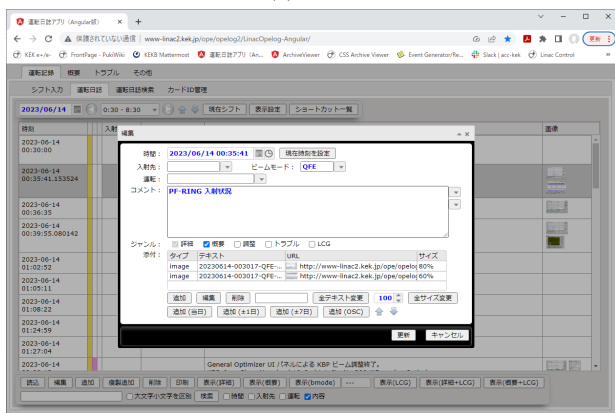
PostgreSQL を用いている。PostgreSQL のレプリケーション機能と PostgreSQL 専用のミドルウェアである Pgpool-II を組み合わせ、Fig. 1 に示すようなデータベースサーバ 3 台による冗長構成となっている。データベースサーバと UI 部の通信には、php を用いている。

Angular を用いて開発したアプリケーション画面には、運転日誌の入力/編集、トラブル情報の入力/編集、情報の検索、および添付ファイルのアップロード画面など、計 9 つの画面が格納されている。SPA として構築しているため、この画面間の移動には画面遷移は伴わない。これにより、高速な動作を実現している。

Figure 2 に示すように、通常時の表示エリアを可能な限り広く確保するため、項目の入力/編集時は専用のダイアログがポップアップするように実装した。各項目には、画像、動画などのファイルや URL を添付することが可能であり、事象の内容をより正確かつ詳細に記録することが可能である。



(a) Main



(b) Edit dialog

Figure 2: Screenshot of electronic logbook system.

### 3.2 アーカイブビューア Web アプリケーション

入射器制御システムは、Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS)を用いて構築されており、機器履歴記録システムとして、2004 年に Spallation Neutron Source で開発された EPICS ツールのひとつである Channel Archiver を導入した。Channel Archiver 開発終了を受け、2011 年に CSS Archiver[3]、2019 年に Archiver Appliance (AA)を導入し、運用[4]をおこなって

いる。CSS Archiver、AA ともに履歴情報のグラフ化ツールが付属しているが、機能性に乏しいため、利用者の利便性を考慮し、アーカイブビューア Web アプリケーションを開発した。本アプリケーションは、記録されている EPICS Process Variable (PV)のキーワード検索、複数 PV の 1 画面へのプロット、読み出した値を演算してのプロット、マウスによる拡大、PV ごとに表示/非表示の切り替えをおこなう機能を有している。最大 10 個の縦軸を利用でき、軸ごとにタイトルの設定、文字の色やサイズの変更、対数表示への変更が可能である。5 個の縦軸を使用した例を Fig. 3 に示す。また、折れ線グラフに加え、散布図もプロットすることが可能であり、PV 間の相関を容易に確認することができる。データ読み出し期間は、日時指定に加え、相対的な指定も可能となっており、自動更新機能と組み合わせることにより、最新の履歴情報を自動で表示することができる。これにより、機器の状態監視が容易におこなえるようになった。これらの設定は、ファイルに保存することが可能であり、利用者の操作時間の短縮に大いに役立っている。

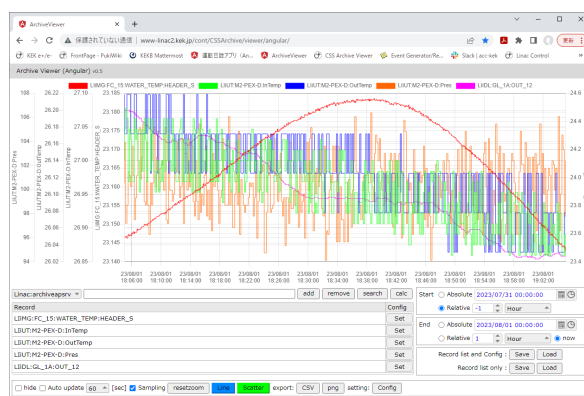


Figure 3: Screenshot of archive viewer.

### 3.3 RF コンディショニング状況記録システム

入射器は、長期メンテナンス明けの一定期間は RF コンディショニングをおこなっている。60 台以上に及ぶクライストロンそれぞれの状態を効率よく確認、記録するために、RF コンディショニング状況記録システムを開発した。本システムは、電子運転ログブックシステムと同様に、データベース部に PostgreSQL、UI 部には Angular を用いている。

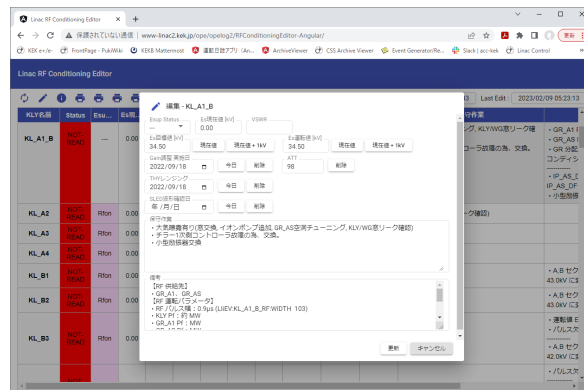


Figure 4: Screenshot of RF conditioning info editor.

本システムは、自動更新される現在のクライストロン設定電圧値、UI 部から手入力をおこなうコンディショニング目標値、各作業実施日などの項目を管理する。現在の設定電圧値が目標値に到達すると該当するクライストロンの背景色が変わるため、進捗状況を把握しやすい。また、機器の状況により目標値が変更になることがあるため、変更になった理由なども併せて管理している。Figure 4 に示すように、項目の入力/編集時は専用のダイアログがポップアップするようになっている。

### 3.4 電磁石情報管理用 Web アプリケーション

入射器では、約 600 台の電磁石が運転に使用されており、これらの情報は単純なテキストファイルを用いたデータベースで管理していた。本データベースは情報更新の作業性が良いとはいいがたく、更新時の操作ミスにも気がつきにくい。そのため、2022 年にリレーショナルデータベースを基盤とした Web アプリケーションを開発し、運用を開始した[5]。

本システムは、電子運転ログブックシステムと同様、データベース部に PostgreSQL、UI 部には Angular を用いている。本システムへのアクセスは、ユーザー名、パスワードにより制限されており、ユーザーごとに閲覧のみ可能、あるいは閲覧編集共に可能か、などの属性を設定可能としている。ユーザー管理には、入射器で既に運用をおこなっている LDAP を用いた。ユーザー認証後、最初に表示されるメインページのスクリーンショットを Fig. 5 に示す。

電磁石名称	磁場情報	情報更新日	情報更新者	磁場有効長 [m]	電磁石タイプ...	電磁石タイプ...	電磁石タイプ...
ML_AT_00	ML_AT_00	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.62473	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 3-3, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_00	SL_AT_00	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.65796	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 3-3, 多連式電流 (0.00000)
SY_AT_00	SY_AT_00	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.65796	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 3-3, 多連式電流 (0.00000)
ML_AT_01	ML_AT_01	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.62473	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 3-3, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_01	SL_AT_01	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.64196	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 3-3, 多連式電流 (0.00000)
SY_AT_01	SY_AT_01	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.64196	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 3-3, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_02	SL_AT_02	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_03	SL_AT_03	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_04	SL_AT_04	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_05	SL_AT_05	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_06	SL_AT_06	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_07	SL_AT_07	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_08	SL_AT_08	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_09	SL_AT_09	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_10	SL_AT_10	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_11	SL_AT_11	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_12	SL_AT_12	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_13	SL_AT_13	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)
SL_AT_14	SL_AT_14	2021-10-07 23	榎本 隆宏	0.290267	2021-10-07 21	<a href="#">http://www-kek.jp/magnet/magnet/magnet/...</a>	磁石タイプ: 0-35, 多連式電流 (0.00000)

Figure 5: Main page screenshot of magnet information management system.

本システムでは、電磁石ごとに対応する電磁石電源、励磁曲線の近似多項式係数など約 100 種類のデータを管理する。Web ブラウザ上に表示する項目は、ユーザー側で自由に取捨選択ができ、複数のキーワードを任意に組み合わせたフィルタリングによるデータ抽出も可能である。これらのデータ操作方法として Web ブラウザ上での直接編集、追加、削除の操作に加え、csv ファイル形式でのインポート、エクスポート機能も実装した。これにより、大量のデータを一括更新する際の操作時間の短縮化を実現できた。

以前使用していたテキストベースのデータベースでは、更新履歴をファイルのヘッダ部に記述していた。しかしながら、

ながら、手動で更新するため、記載間違いや記入漏れのおそれがあった。そこで、本システムでは、情報更新履歴を簡便に把握するための機能も備えることとした。Figure 6 に、情報更新履歴ページのスクリーンショットを示す。この機能により、更新履歴が自動的に記録されるため、履歴情報の正確さの向上と作業者の負荷軽減が実現できた。

電磁石名称	情報更新日	情報更新者	変更内容
BM_01_A3	2021-10-15 18:56:44	榎本 隆二	Edit: magnet BM_01_A3 校正データ更新日: 2018-12-27 00:00:00 校正データファイルへのリンク (access2P) -> <a href="http://kecc.nsl2.kek.jp/data/manual/data/calculation/data/calcib-table-ch0-BM_01_A3-type-000-191927_14501expand-Z.csv">http://kecc.nsl2.kek.jp/data/manual/data/calculation/data/calcib-table-ch0-BM_01_A3-type-000-191927_14501expand-Z.csv</a>
BM_01_A2	2021-10-15 18:56:08	榎本 隆二	Edit: magnet BM_01_A2 校正データ更新日: 2018-12-27 00:00:00 校正データファイルへのリンク (access2P) -> <a href="http://kecc.nsl2.kek.jp/data/manual/data/calculation/data/calcib-table-ch0-BM_01_A2-type-000-191927_14501expand-Z.csv">http://kecc.nsl2.kek.jp/data/manual/data/calculation/data/calcib-table-ch0-BM_01_A2-type-000-191927_14501expand-Z.csv</a>
BM_01_A1	2021-10-15 18:56:19	榎本 隆二	Edit: magnet BM_01_A1 校正データ更新日: 2018-12-26 00:00:00 校正データファイルへのリンク (access2P) -> <a href="http://kecc.nsl2.kek.jp/data/manual/data/calculation/data/calcib-table-ch0-BM_01_A1-type-000-191926_141448_expand-Z.csv">http://kecc.nsl2.kek.jp/data/manual/data/calculation/data/calcib-table-ch0-BM_01_A1-type-000-191926_141448_expand-Z.csv</a>
BM_01_4	2021-10-15 18:54:36	榎本 隆二	Edit: magnet BM_01_4 校正データ更新日: 2018-12-27 00:00:00 校正データファイルへのリンク (access2P)

Figure 6: Changelog page screenshot of magnet information management system.

## 4. まとめ

KEK 入射器では、電子運転ログブックシステムなどオペレータインターフェース部に Adobe Flash を用いた Web アプリケーションを開発し、安定した運用をおこなっていた。しかしながら、2020 年に主要な Web ブラウザの Adobe Flash Player サポートが終了となったことを受けて、新たなフレームワークへの移行が急務となった。そこで入射器では、Google が中心となったコミュニティにより開発されている Web アプリケーションフレームワークである Angular を用いて、運用していた Web アプリケーションのリプレース、および新規開発をおこなった。これらのアプリケーションは安定した運用を続けている。今後も改良、新規開発を続け、安定したビーム運転に寄与していきたい。

## 参考文献

- [1] Angular; <https://angular.jp/>
- [2] T. Kudou *et al.*, “Upgrade of Electronic Logbook System at KEK Injector Linac”, Proceedings of the 8th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Tsukuba, Aug. 1-3, 2011.
- [3] T. Kudou *et al.*, “Status of Data Archive System at KEK Injector Linac”, Proceedings of the 9th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Osaka, Aug. 8-10, 2012.
- [4] I. Satake *et al.*, “Introduction of Archiver Appliance in KEK electron positron injector linac”, Proc. 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan (PASJ2019), Kyoto, Japan, Jul.-Aug. 2019.
- [5] M. Satoh *et al.*, “Magnet information management system based on web application for the KEK e-/e+ injector linac”, Proc. 19th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan (PASJ2022), Kitakyusyu (Online meeting), Japan, Oct. 2022.