

# KEK 電子陽電子入射器における電磁石情報管理用 Web アプリケーション MAGNET INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM BASED ON WEB APPLICATION FOR THE KEK e-/e+ INJECTOR LINAC

佐藤政則<sup>#, A), B)</sup>, 榎本嘉範<sup>A), B)</sup>, 工藤拓弥<sup>D)</sup>

Masanori Satoh<sup>#, A), B)</sup>, Yoshinori Enomoto<sup>#, A), B)</sup>, Takuya Kudou<sup>C)</sup>

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

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

<sup>C)</sup> Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd (MSC)

## Abstract

The KEK injector linac provides e-/e+ beam to four independent storage rings and a positron damping ring. An accurate information management system of the accelerator components is very important since it is utilized for the beam tuning model. Especially, the incorrect magnet database may cause large deterioration in the quality of beam emittance. In KEK linac, a text-based database system has been used for the information management of magnet system in the long time. It comprises several independent text files which are master information to generate the EPICS database files and the other configuration files required for many linac control software. In this management scheme, it is not easy to access and update any information for the common user except control software expert. For this reason, a new web application-based magnet information management system was developed with the Angular and PHP framework. In the new system, the magnet information can be easily extracted and modified through any web browser for any user. In this paper, we report the new magnet information management system in detail.

## 1. はじめに

KEK の電子陽電子入射器(以下、入射器)は、SuperKEKB 電子、陽電子、陽電子ダンピングリング、PF、および PF-AR の 5 つの異なるリングへ同時トップアップ入射をおこなっている[1]。2010 年 6 月の KEKB プロジェクト終了後、SuperKEKB へ向けた入射器の改造が進められてきた。2017 年には入射器下流部の DC 電磁石がパルス電磁石に置き換えられるなど、電磁石システムは特に大幅な更新作業がおこなわれてきた[2, 3]。全長 700 m の入射器では、現在、約 600 台の電磁石が運転に使用されているが、SuperKEKB 入射ビームのさらなる品質向上のため、今後も段階的に DC 電磁石からパルス電磁石への置き換えが計画されている。

電磁石システムの情報管理として、これまでは単純なテキストファイルを用いたデータベースを使用してきた。本データベース中にある電磁石名称、電磁石電源名称、電磁石励磁曲線情報などは、EPICSを始めとした種々の制御用ソフトウェアに使用されている[4]。しかしながら、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、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。本発表では、入射器で開発および導入した新しい電磁石情報管理用 Web アプリケーションシステムの詳細について、今後の展望と共に報告する。

## 2. 従来の電磁石情報管理システム

入射器では、電磁石を始めとして、ビーム診断装置、タイミングシステム、高周波システムなど、種々の装置情

<sup>#</sup> masanori.satoh@kek.jp

Table 1: Text-based Database Files for Previous Magnet Information Management System

ファイル名	管理情報
gtbl.tbl	DC 電磁石コントローラ(PLC)情報
gbasetbl.tbl	パルス電磁石コントローラ(PC/PXI)情報
gpvtbl.tbl	電磁石および EPICS の対応表
mgbtbl.tbl	DC 電磁石用励磁曲線(磁場)の多項式係数
mgktbl.tbl	DC 電磁石用励磁曲線(k 値)の多項式係数
mgbptbl.tbl	パルス電磁石用励磁曲線の多項式係数(磁場)
mgbftbl.tbl	DC 電磁石用ファッジ係数
mgbfptbl.tbl	パルス電磁石用ファッジ係数

報をテキストベースのデータベースファイルで管理している。とりわけ電磁石の正確な制御は、エミッタンスなどのビーム品質に直接影響を及ぼすことから、その情報管理は特に重要であると考えられる。従来の入射器電磁石情報管理システムでは、複数の独立したデータベースファイルが使用されてきた。その一覧を Table 1 にまとめた。

これらの電磁石情報は、電磁石および電磁石電源の対応関係、コントローラの情報をはじめとして、励磁曲線の多項式係数など、種々の項目に渡っている。2017 年夏に、SuperKEKB 運転実現に向けて、大量のパルス電磁

石が導入されたため、それらの機器情報管理のためのデータベースファイルも追加された。これまで、KEK 入射器制御システムで使用するデータベースファイルの更新作業は、機器担当者が提出した情報を基に制御担当者がおこなってきた。そのため、情報の更新に誤りが生じる可能性があるとともに、制御担当者以外の一般ユーザーが簡単にデータを閲覧することができない、という問題があった。これらの理由から、複数のファイルで管理されていた電磁石関連情報の一つにまとめ、全てのユーザーが簡単な操作で情報の閲覧、更新をおこなうための Web アプリケーションを新たに開発し、運用を開始した。

### 3. 電磁石情報管理用 Web アプリケーション

#### 3.1 システム概要

新しい電磁石情報管理システムは、全てのユーザーがアクセスしやすい様に、Web アプリケーションとして実装している。Web アプリケーションであるため、ユーザー側の端末に制限が少なく、幅広い環境からアクセスが可能である。

Figure 1 に本システムの構成図を示す。ユーザーが直接操作するフロントエンド部は、Web ブラウザ上で動作し、近年広く利用されている Angular で構築した[5]。Angular は、Google で開発された Web アプリケーションフレームワークである。入射器では、当該フレームワークを運転ログシステムおよびアーカイバ情報表示システムにも利用している。

Web サーバには CentOS 上で動作させた Apache を使用している。バックエンドにあたるデータベースサーバには、CentOS 上で PostgreSQL を動作させ運用している。Web サーバとフロントエンド、バックエンド間の通信は、サーバーサイド Web アプリケーション構築に広く利用され、データベースへの容易なアクセスが可能であるプログラミング言語 PHP を用いて実装した。

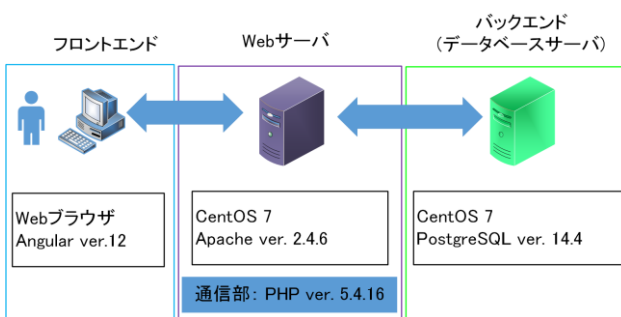


Figure 1: Diagram of web application for a new magnet information management system in the KEK e-/e+ injector linac control system.

#### 3.2 実装機能詳細

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



Figure 2: Login page screenshot of magnet information management system.

電磁石名	電磁石ID	電磁石日付	情報更新者	情報更新日 (日)	情報更新時刻	電磁石ID	電磁石ID
ML_AT_00	ML_AT_00	2021-09-24 12	TP中心	0.024731	2021-09-24 12	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-3, 多項式係数: 0.00000000E+00 1.70884
SK_AT_00	SK_AT_00	2021-09-27 22	TP中心	0.05796	2021-09-27 22	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 3-3, 多項式係数: 0.00000000E+00 2.70889
SY_AT_00	SY_AT_00	2021-09-10 00	様	0.05796	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 3-3, 多項式係数: 0.00000000E+00 2.70889
ML_AT_01	ML_AT_01	2021-09-10 00	様	0.02473	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-3, 多項式係数: 0.00000000E+00 1.70884
SK_AT_01	SK_AT_01	2021-09-10 00	様	0.04196	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 3-3, 多項式係数: 0.00000000E+00 4.7564
SY_AT_01	SY_AT_01	2021-09-10 00	様	0.04196	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 3-3, 多項式係数: 0.00000000E+00 4.7564
SL_AT_01	SL_AT_01	2021-09-10 00	様	0.290267	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-36, 多項式係数: 0.00000000E+00 7.7925
SL_AT_02	SL_AT_02	2021-09-10 00	様	0.290267	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-36, 多項式係数: 0.00000000E+00 7.7925
SL_AT_03	SL_AT_034	2021-09-10 00	様	0.290267	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-36, 多項式係数: 0.00000000E+00 7.7925
SL_AT_04	SL_AT_034	2021-09-10 00	様	0.290267	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-36, 多項式係数: 0.00000000E+00 7.7925
SK_AT_04	SK_AT_04	2021-09-10 00	様	0.09973	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-5, 多項式係数: 0.00000000E+00 8.939
SY_AT_04	SY_AT_04	2021-09-10 00	様	0.09973	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-5, 多項式係数: 0.00000000E+00 8.939
SL_AT_05	SL_AT_056	2021-09-10 00	様	0.290267	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-36, 多項式係数: 0.00000000E+00 7.7925
SL_AT_06	SL_AT_056	2021-09-10 00	様	0.290267	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-36, 多項式係数: 0.00000000E+00 7.7925
SL_AT_01	SL_AT_0102	2021-09-10 00	様	0.290267	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-36, 多項式係数: 0.00000000E+00 7.7925
SL_AT_02	SL_AT_0102	2021-09-10 00	様	0.290267	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-36, 多項式係数: 0.00000000E+00 7.7925
SL_AT_03	SL_AT_034	2021-09-10 00	様	0.290267	2021-09-24 11	http://www.ksns.jp	電磁石ID: 0-36, 多項式係数: 0.00000000E+00 7.7925

Figure 3: Main page screenshot of magnet information management system.

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。Figure 2 に示したログイン画面からユーザー認証をおこなった後、本システムの操作画面が表示される。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. 3 に示す。

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ことが可能である。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可能である。また、これらの情報は、Web ブラウザ上で直接編集、追加、削除などの操作が可能である。Figure 4 に、データ編集画面のスクリーンショットを示す。

データベースシステムの運用開始時には、多数のデータを新規に追加する必要がある。そのような作業を、Web ブラウザ上で一つずつおこなうことは現実的ではない。そこで、本システムでは、事前に csv ファイル形式で準備した情報をインポートすることにより、大量のデータを一括登録する機能を備えた。また、それとは逆に、本システムに登録された情報は、csv ファイル形式としてエクスポートすることも可能である。

現在、入射器では、591 台の電磁石情報が本システムのデータベースに登録されている。登録されている電磁

石の種類は、DC ステアリング電磁石、DC 偏向電磁石、DC 四極電磁石、DC 六極電磁石、パルスステアリング電磁石、パルス四極電磁石である。ユーザーの目的によっては、特定の種類の電磁石情報のみ閲覧したい場合や、

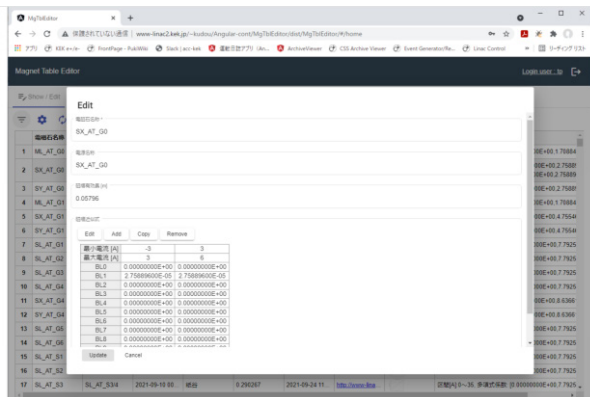


Figure 4: Edit page screenshot of magnet information management system.

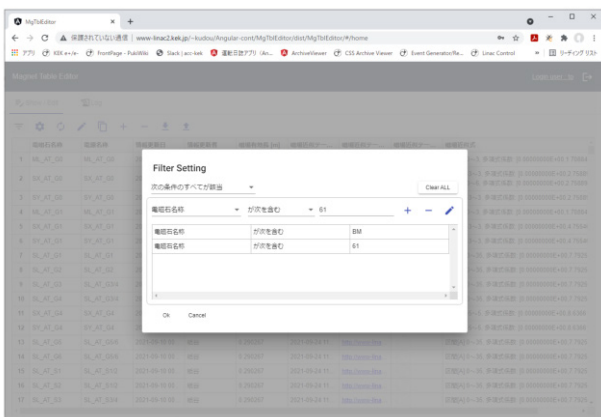


Figure 5: Filter settings page screenshot of magnet information management system.

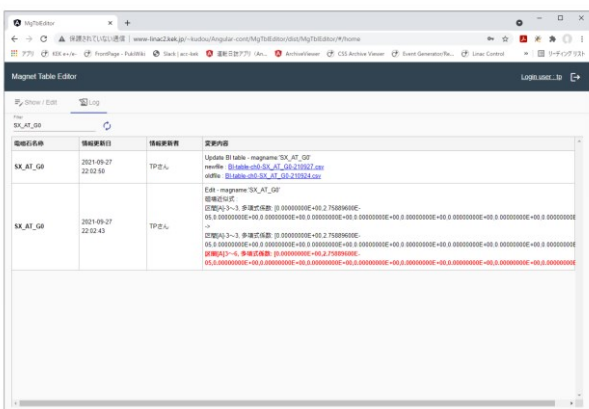


Figure 6: Changelog page screenshot of magnet information management system.

特定の箇所に設置されている電磁石情報のみ閲覧したい場合が考えられる。そのような目的のため、本システムでは、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をおこなうことを可能とした。Figure 5 に、フィルタ条件設定画面のスクリーンショットを示す。

本 Web アプリケーションのような情報管理システムにおいては、ソフトウェアを構築して運用を開始すること以上に、持続的に情報鮮度を保つことが重要である。とりわけ、本システムが管理している電磁石情報は、その正確さが加速器の光学系設定精度ひいてはビーム性能に直接影響を及ぼすため、情報の品質管理には最新の注意を払う必要がある。そのため、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。従来のシステムではテキストベースのデータベースファイルを使用しており、更新履歴はファイルのヘッダ部に記述していた。しかしながら、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。本システムでは更新履歴自体が自動的に更新されるため、履歴情報の正確さと作業者の負荷軽減が実現できた。

#### 4. まとめと今後の課題

KEK 入射器では、電磁石情報を管理するために、Web アプリケーションを基盤とした新しいシステムを開発し、運用を開始した。従来の情報管理システムでは、複数のテキストベースデータベースファイルを用いて、EPICS のデータベースファイル生成や、種々のアプリケーションプログラムが使用するための情報を生成していた。新システムの導入により、前システムで問題となっていた、情報が一元管理されていない、およびエキスパート以外のユーザーが情報の更新や閲覧することが簡便ではないなどの問題点が解消された。将来的には、当該フレームワークを電磁石情報の管理のみならず、ビーム診断機器、RF 機器などの情報管理にも拡張し、KEK 入射器の全ての情報の一元管理をおこなうことを目指す。

#### 参考文献

- [1] K. Furukawa *et al.*, “Achievement of 200, 000 Hours of Operation at KEK 7-GeV Electron 4-GeV Positron Injector Linac”, in Proc. 13th Int. Particle Accelerator Conf. (IPAC'22), Bangkok, Thailand, Jun. 2022, pp. 2465-2468 (2022).
- [2] Y. Enomoto, K. Furukawa, T. Kamitani, F. Miyahara, T. Natsui, M. Satoh, K. Yokoyama, M. Yoshida, S. Ushimoto, H. Saotome, “Pulse-to-pulse Beam Modulation for 4 Storage Rings with 64 Pulsed Magnets”, in Proceedings of LINAC2018, Beijing, China, Sept. 16-21, pp.609-614 (2018).
- [3] Y. Enomoto, K. Furukawa, T. Natsui, M. Satoh, H. Saotome, “Pulsed Magnet Control System Using COTS PXIe Devices and LabVIEW”, in Proceedings of ICALEPCS2019, New York, NY, USA, Oct. 5-11, pp.946-949 (2019).
- [4] EPICS; <https://epics.anl.gov/>
- [5] Angular; <https://angular.jp/>