

# KEK電子陽電子入射器制御システム

佐藤 政則<sup>A, B</sup>, 王 迪<sup>A, B</sup>, 佐武 いつか<sup>A</sup>, 宮原 房史<sup>A, B</sup>, 諏訪田 剛<sup>A</sup>, 古川 和朗<sup>A</sup>, 工藤 拓弥<sup>C</sup>, 草野 史郎<sup>C</sup>,  
水川 義和<sup>C</sup>, 早乙女 秀樹<sup>D</sup>, 大房 拓也<sup>D</sup>

A) KEK加速器, B) 総研大加速器科学コース, C) 三菱電機システムサービス(株), D) 関東情報サービス(株)

## はじめに

KEKの電子陽電子入射器は、1982年にPFリング専用入射器として稼働を始め、その後、TRISTAN, PF-AR, KEKBの異なるエネルギーのリングへ電子・陽電子ビームを供給してきた。2009年4月に、KEKB電子・陽電子・PFリングへの3リング同時トップアップ入射を実現し、2019年5月、SuperKEKBの電子・陽電子リング, PFリング, およびPF-ARへの4リング同時トップアップ入射を実現した。

このように高度なビーム運転を実現するため、VME/RTOSを用いたイベントベースタイミングシステムを基盤として、2台の電子源, DC/パルス電磁石, 大電力マイクロ波システム, ビームモニタなど, 多数のサブシステムを高精度に同期制御している。制御システムのソフトウェア基盤としてはEPICSフレームワークを採用し、約600台のフロントエンド機器を制御している。

## 電子陽電子入射器

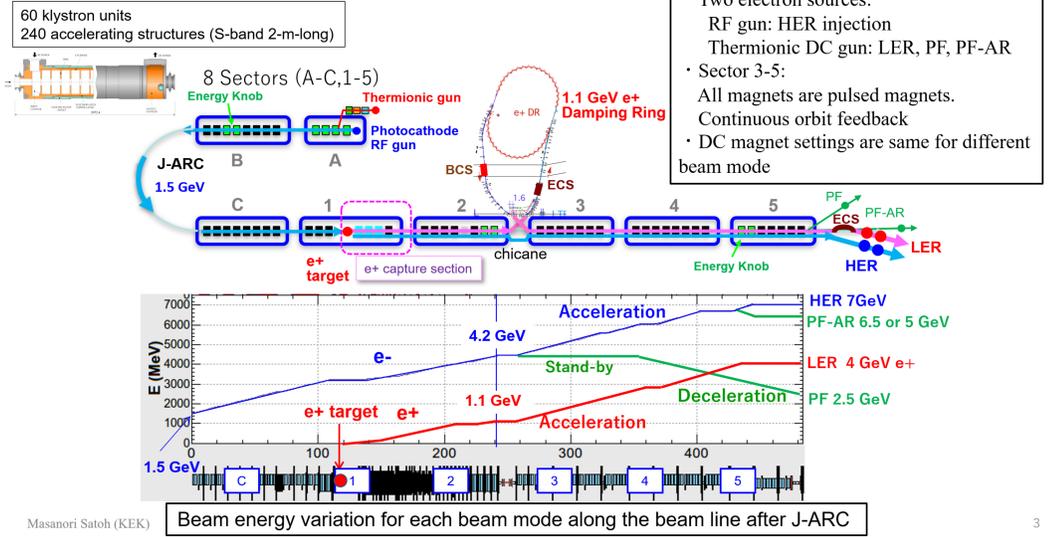


FIG. 1: KEK電子陽電子入射器のレイアウト。

## 制御システム基盤概略

- EPICSフレームワーク
  - Base R3.14.12.x, R3.15.9
  - EPICS CSSアーカイバ, Archiver appliance
  - EPICS CSSアラーム
- サーバ計算機
  - OS: CentOS 7, 8, Rocky Linux 9
  - 計算機: HPE blade, HPE SimpliVity
- ストレージ: NetApp FAS8200 (35 TB)
- オペレータ端末~10台
  - PC計算機 (Windows 10/CentOS 7)
- アプリケーション開発環境
  - Python, SAD, CSS, Tcl/Tk
- 制御ネットワーク
  - コアスイッチ: Cisco C9500 (x2), C9200 (x2) による冗長構成
  - エッジスイッチ: C9200 (x27), C1000 (x15), Buffalo BS-GS2024 (x49)



FIG. 2: 入射器制御室。



FIG. 3: 光メディアコンバータ(約300台) DAIDEN (DN1800GE/DN5810GE)

- 55インチ大画面LCDは、アラーム、運転状況、安全系状況を表示している。
- 27インチLCDを16台配置し、運転ソフトウェアの開発および表示に使用している。
- 55インチ大画面2台に、Xbandテストスタンド(Nextef2)にかなする運転状況を表示している。

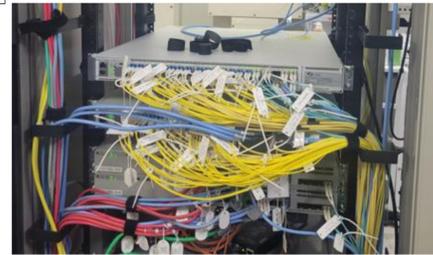


FIG. 4: コアスイッチ。エッジスイッチ(C9200)との間は光ファイバにより接続(10 Gbps/1 Gbpsの冗長接続)されている。C1000はC9500の配下に接続されている。(1 Gbps/1 Gbps)。コアスイッチのポート数を削減するため、このようなトポロジを採用した。

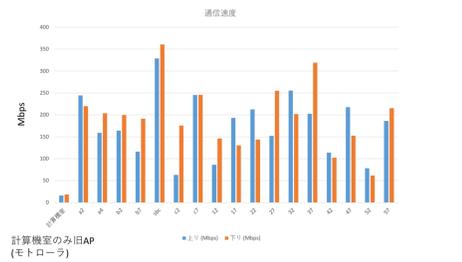
## 無線LAN環境



FIG. 5: クライストロンギャラリー(地上部)における無線LANアクセスポイント(YAMAHA WLX212) 10台で600mの範囲をカバーしている。

FIG. 6: 入射器トンネル内における無線LANアンテナ。アクセスポイントは地上部に設置している。

通信速度(ギャラリー)  
5 GHz帯



## ローカルコントローラ/EPICS IOC

TABLE1: ローカルコントローラ数一覧

Devices	Accelerator components (# of components)	# of local controllers
VME64x	Event based timing system (MRF EVG-230, EVR-230RF)	46
Ladder based PLC	Magnet (153) Vacuum (375) Charge interlock (9) Safety	17 26 3 3
Network attached power supply	Magnet (113)	113
Linux based PLC	Profile monitor (108)	30
Embedded Linux	Klystron (76) DC Magnet (166)	76 166
Data logger	Temperature (690)	28
VME based module	Beam position monitor (107)	23
NIM modules	Timing watchdog (15)	15
PXI	Pulsed magnet (107)	17
Total		563

TABLE 2: EPICS IOC数一覧

Subsystem	# of IOCs
Safety	3
Beam monitor	53
RF	106
Magnet	209
Vacuum	1
Timing	46
Temperature	29
Total	447



Event system VME BPM system VME

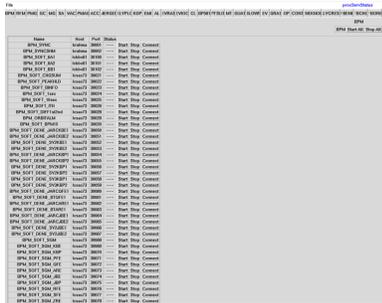


FIG. 7: IOCはprocServを用いて管理している。Pythonで構築したprocServ管理用GUIの画面例。

## アプリケーション管理/アラームシステム

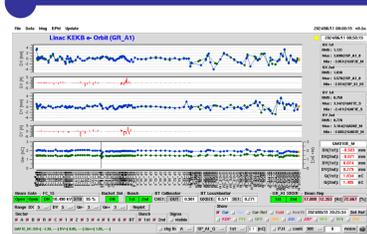


FIG. 8: 運転アプリケーションの多くはPythonスクリプト言語で開発されている。Linac/BTビーム軌道パネルの表示例。



FIG. 9: 入射器アラーム表示画面例。Python, CSS alarm, PostgreSQLにて実装している。

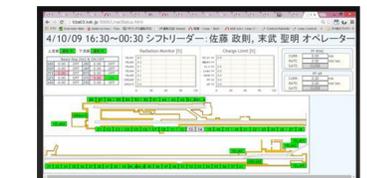


FIG. 10: 入射器運転概況を表示するためのWebアプリケーション画面例。

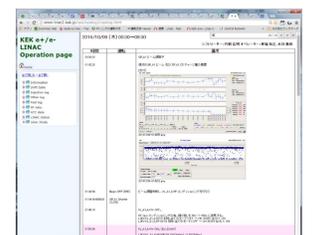


FIG. 11: Webベースオペレーションログ。Angular, Apache, PostgreSQLを用いて実装している。

## EPICSデータアーカイバ (Archiver appliance)

- アーカイバ(登録点数: 176,080)
  - CSSアーカイバ
    - CSS Ver. 3.2.1, PostgreSQL Ver. 9.1.4/9.3.3
    - データサイズ: 7 TB/year
  - Archiver appliance
    - apache-tomcat-9.0.36, OpenJDK 12.0.2, MySQL 5.7.25,
    - データサイズ: 2 TB/year
- データ読み出し速度の高速化のため、Archiver applianceを導入した。

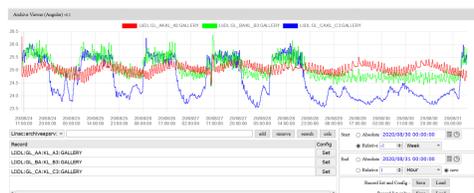


FIG. 12: アーカイバビューア (Webアプリケーション)

- Angular, Apache, PostgreSQLを組み合わせ構築したWebアプリケーションをビューアとして用いている。
- CSSアーカイバ, archiver applianceともにデータ表示が可能である。

## まとめと今後の課題

- SuperKEKB計画のために、イベントベースタイミングシステム/EPICSフレームワークを基盤として高精度な制御システムを構築してきた。
- パルス電磁石の大量導入を経て、4リング同時トップ入射を実現した。
- さらなる入射ビーム品質の向上, 安定運転を実現するため、ビーム調整の自動化やビーム開発を加速するためのコミショニングツール群を多数開発中である。