



Information management of the safety system at the KEK e-/e+ injector linac

M. Satoh, I. Satake, A. Shirakawa, KEK/SOKENDAI, Tsukuba, Japan

T. Kudou, S. Kusano, Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd, Tsukuba, Japan

FRP13

Introduction

KEKの電子陽電子入射器(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の3リング同時トップアップ入射を実現し、2019年5月、SuperKEKB電子、陽電子、陽電子ダンピングリング、PF、およびPF-ARへの5リング同時トップアップ入射を実現した。

同時トップアップ入射を実現するため、イベントタイミングシステム、レーザー光陰極RF電子銃、陽電子捕獲用フラックスコンセントレータ[4]、高精度ビーム位置モニター、パルスステアリング電子弱およびパルス四極電磁石システムなどが開発、導入され、入射器のビーム運転が複雑化すると共に制御システムの高度化が進められてきた。このような複雑化した運転形態のもと、入射器自身および下流リングの人的、機器的安全性を担保するためには安全系システムのロジックおよび堅牢性がますます重要性を帯びてくる。安全系システムは制御システムとは独立なものであるが、ビーム運転条件のロジックが複雑化することもない、万が一ビームを出すことができない状況に遭遇した場合、その原因を即座に同定し、解決することが下流リングの運転可用性向上のために重要である。このため、入射器では、安全系システムと制御システムの親和性を高め、制御システムの枠組みの中から安全系システムの情報を読み出すことを可能としている。

電子陽電子入射器

60 klystron units
240 accelerating structures (S-band 2-m-long)

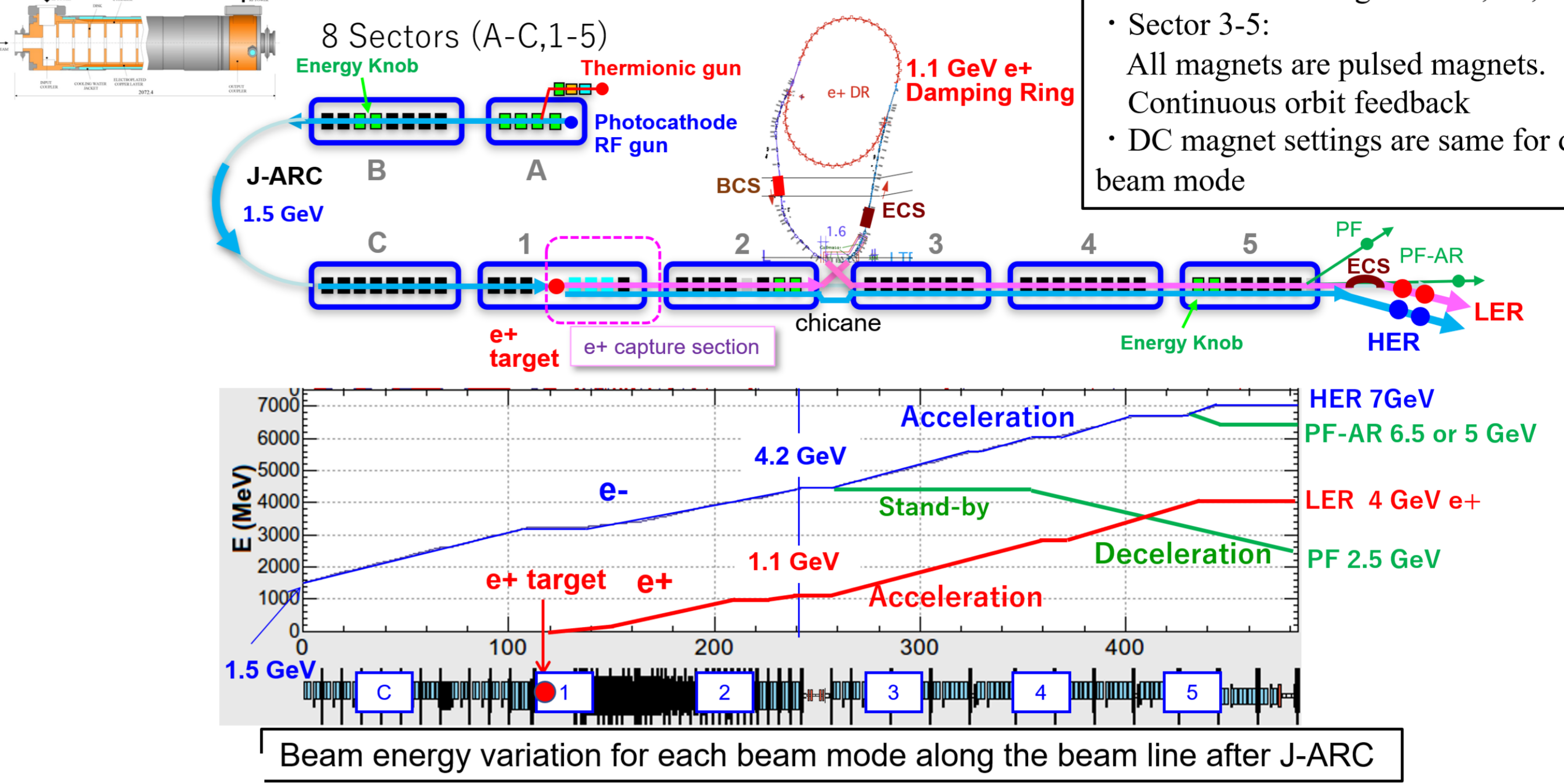


FIG. 1: 電子陽電子入射器のレイアウト。

- Two electron sources:
 - RF gun: HER injection
 - Thermionic DC gun: LER, PF, PF-AR
- Sector 3-5:
 - All magnets are pulsed magnets.
 - Continuous orbit feedback
 - DC magnet settings are same for different beam mode

入射器制御システム

- EPICSフレームワーク
 - Base R3.14.12.x, R3.15.9
 - EPICS CSSアーカイバー, 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 (x48), C1000 (x15), Buffalo BS-GS2024 (x49)

TABLE 1: 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



FIG. 2: 入射器制御室。

- 55インチ大画面LCD5台は、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20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。

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

入射器安全系システム

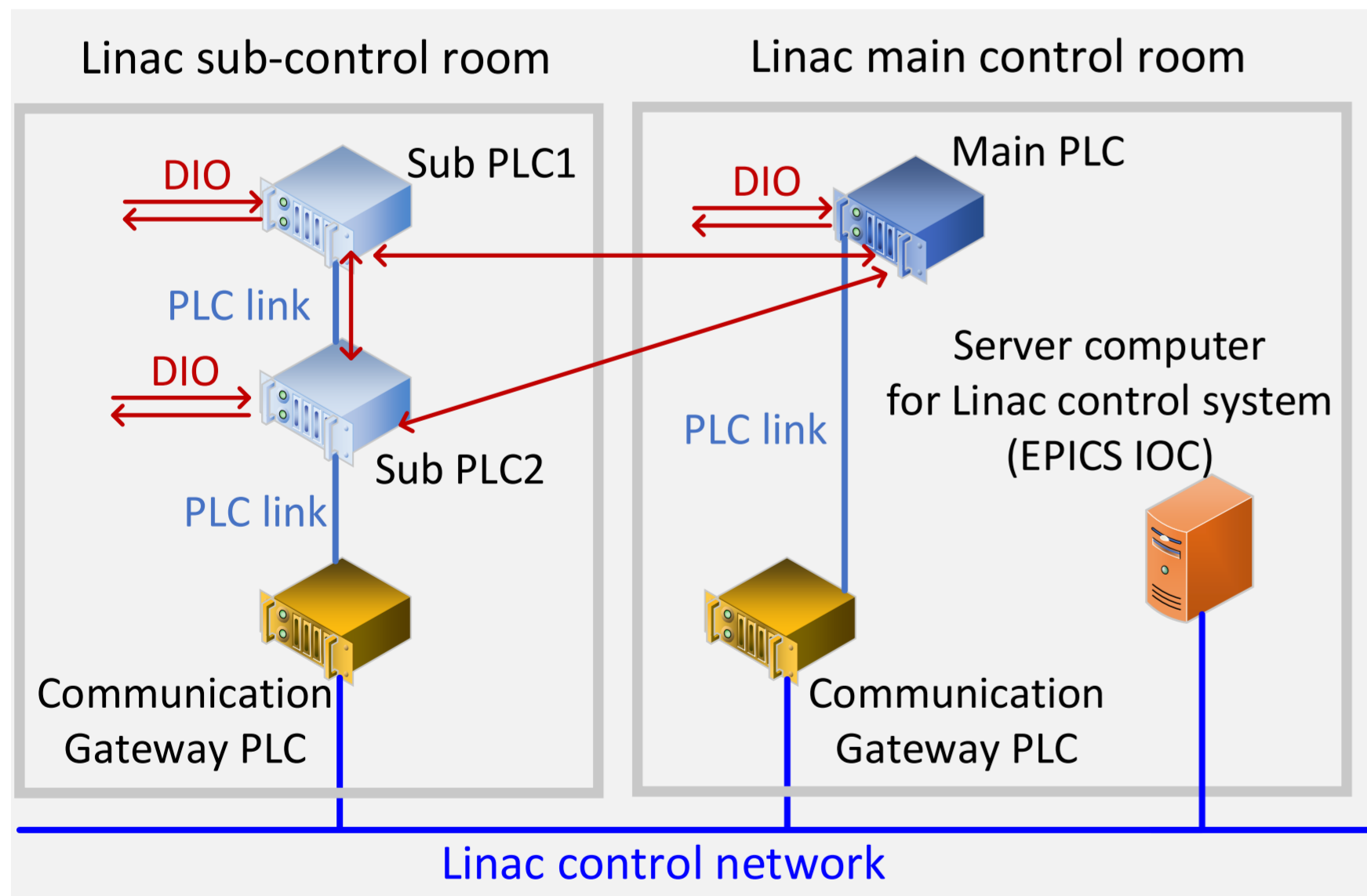


FIG. 3: 安全系システムの構成

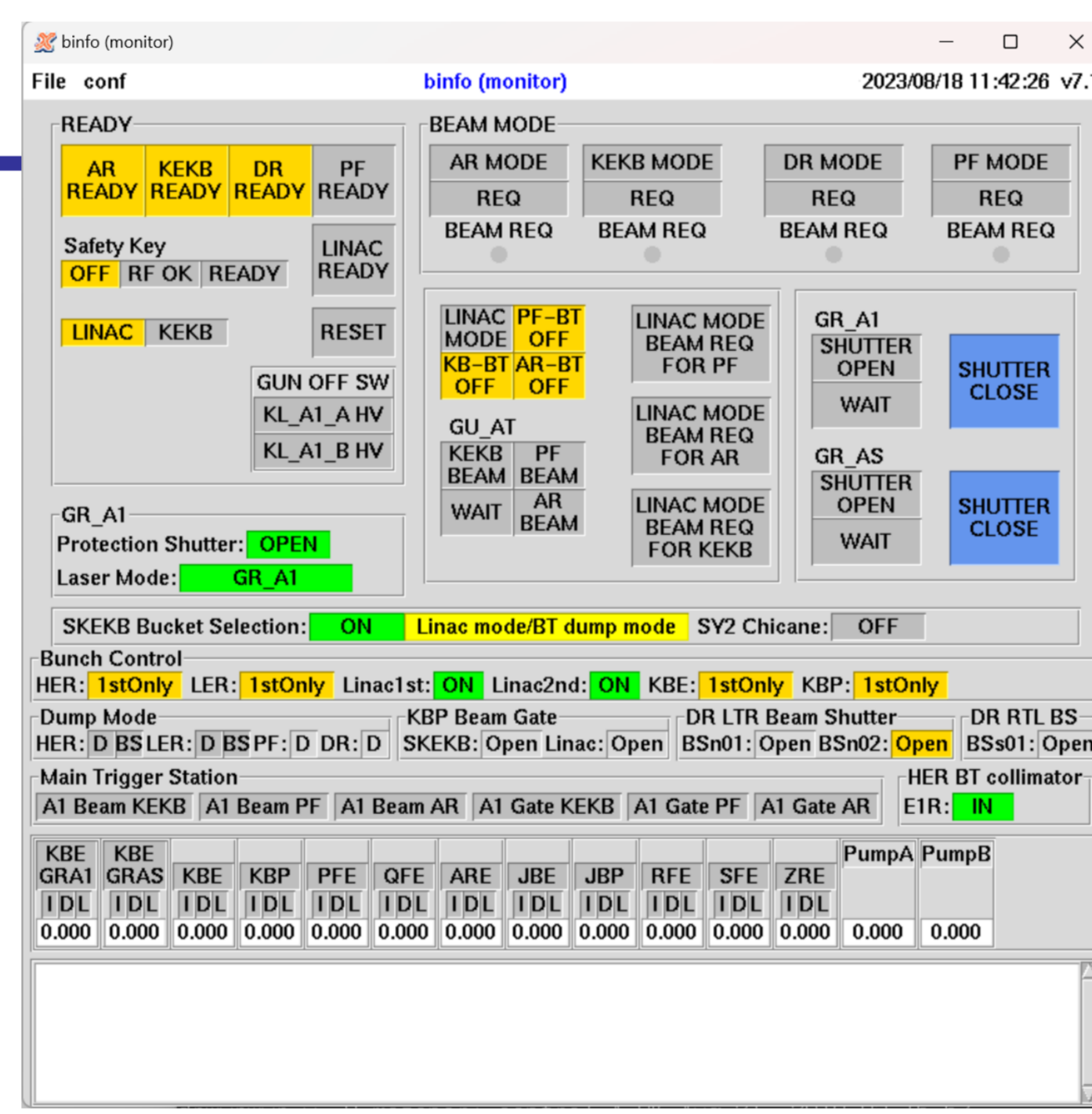


FIG. 4: ビーム情報詳細表示GUI

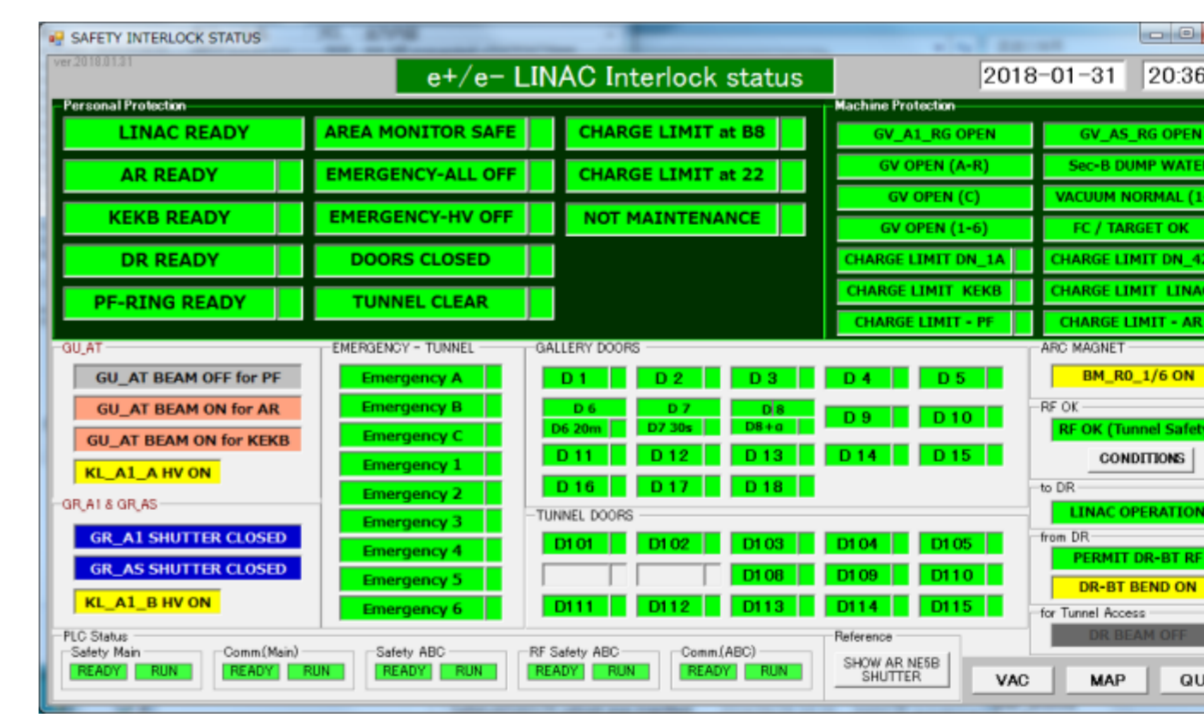


FIG. 5: インタロックステータス表示GUI(旧)

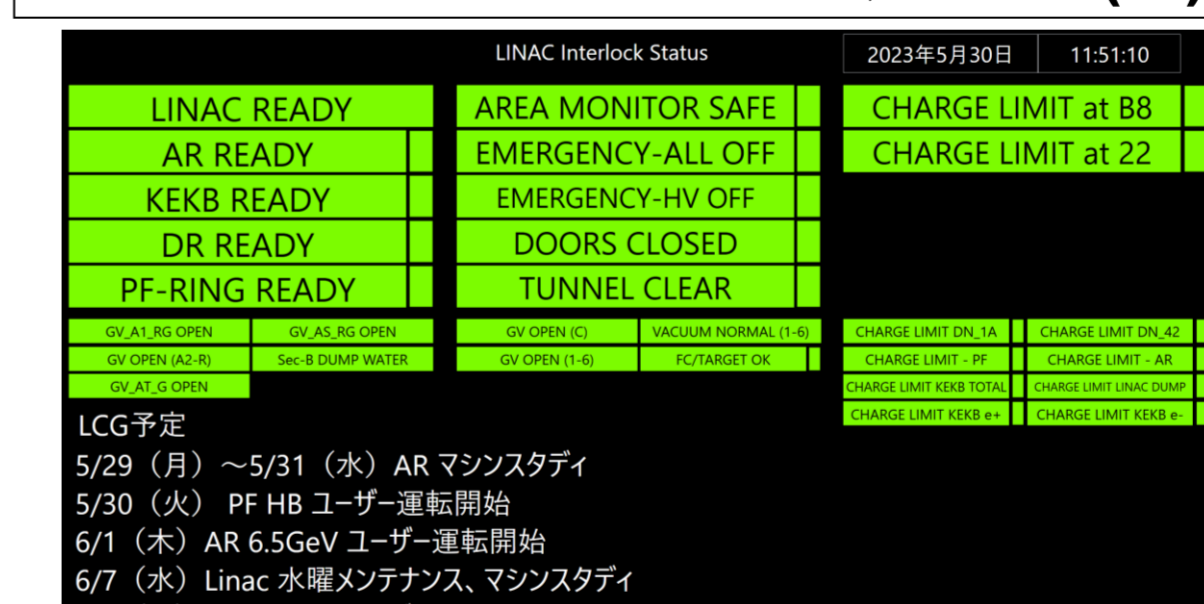


FIG. 6: インタロックステータス表示GUI(新)

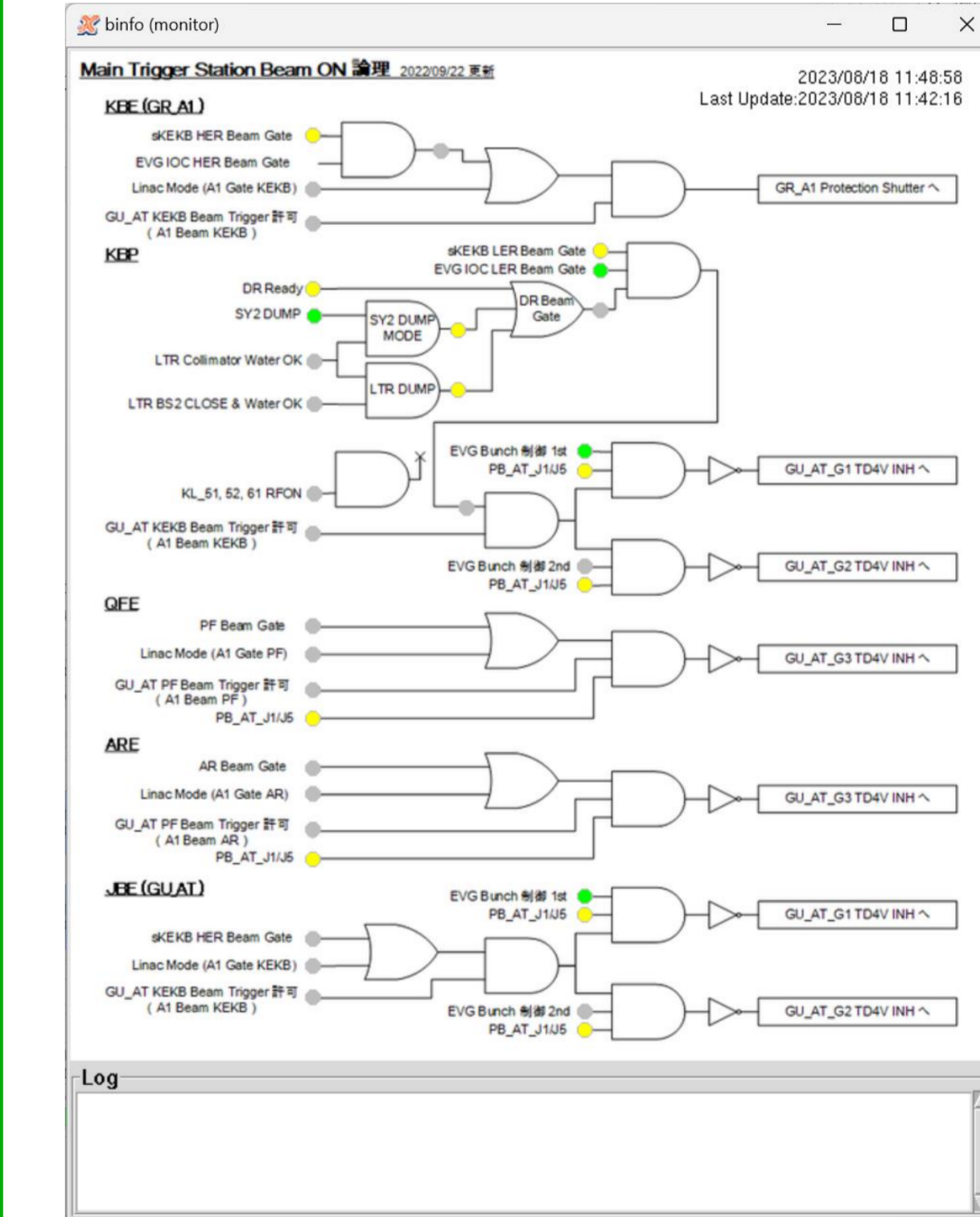


FIG. 7: ビーム運転ロジックGUI (主タイミングステーション)

入射器運転条件ダイアグラム

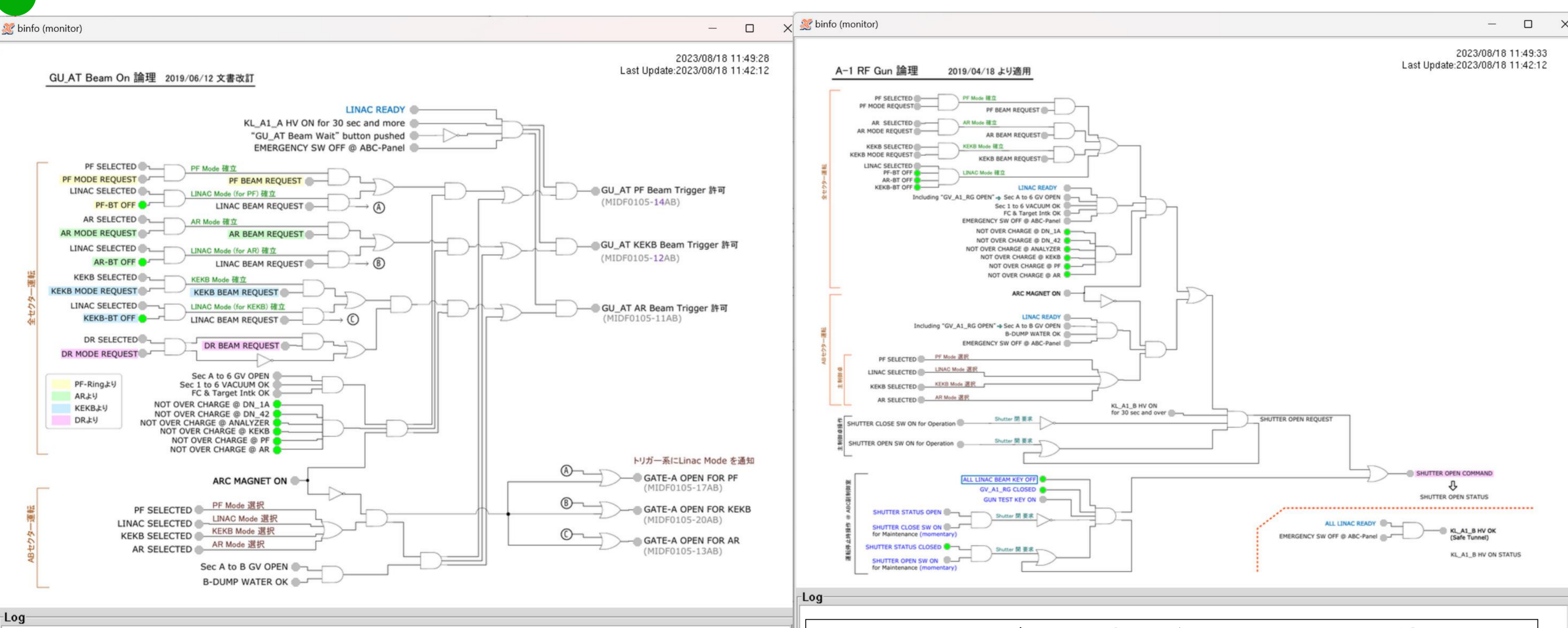


FIG. 8: ビーム運転ロジックGUI (熱電子銃)

FIG. 9: ビーム運転ロジックGUI (RF電子銃)

まとめ

• KEK入射器では、5つのリングへ同時トップアップ入射をおこなっており、長期間安定に複雑な運転を実現している。このため、入射器安全系システムであるPPSは、多数の情報信号を処理する複雑なシステムになっている。従来の入射器安全系システムはEPICSを基盤とした制御システムとは独自に構築されていた。そのため、入射器安全系システムの信号情報をEPICS IOC化し、PVとして読み出し可能とすることにより、制御システムで使用しているアーカイバおよびアラームシステムに組み込むことにした。これにより、安全系システムと制御システムの親和性が高まり、全体の保守性が向上した。さらに、安全系の信号履歴やビーム運転成立条件の確認が以前より容易になり、特に長期保守後の立ち上げ時、迅速にビーム運転を開始することができるようになった。