

SuperKEKB用RF電子銃およびレーザーシステムの現状

Current status of RF electron gun and laser system for SuperKEKB

周翔宇^{#, A), B)}, 張 叡^{A), B)}, 熊野宏樹^{C)}, 豐富直之^{C)}, 吉田光宏^{A), B)}

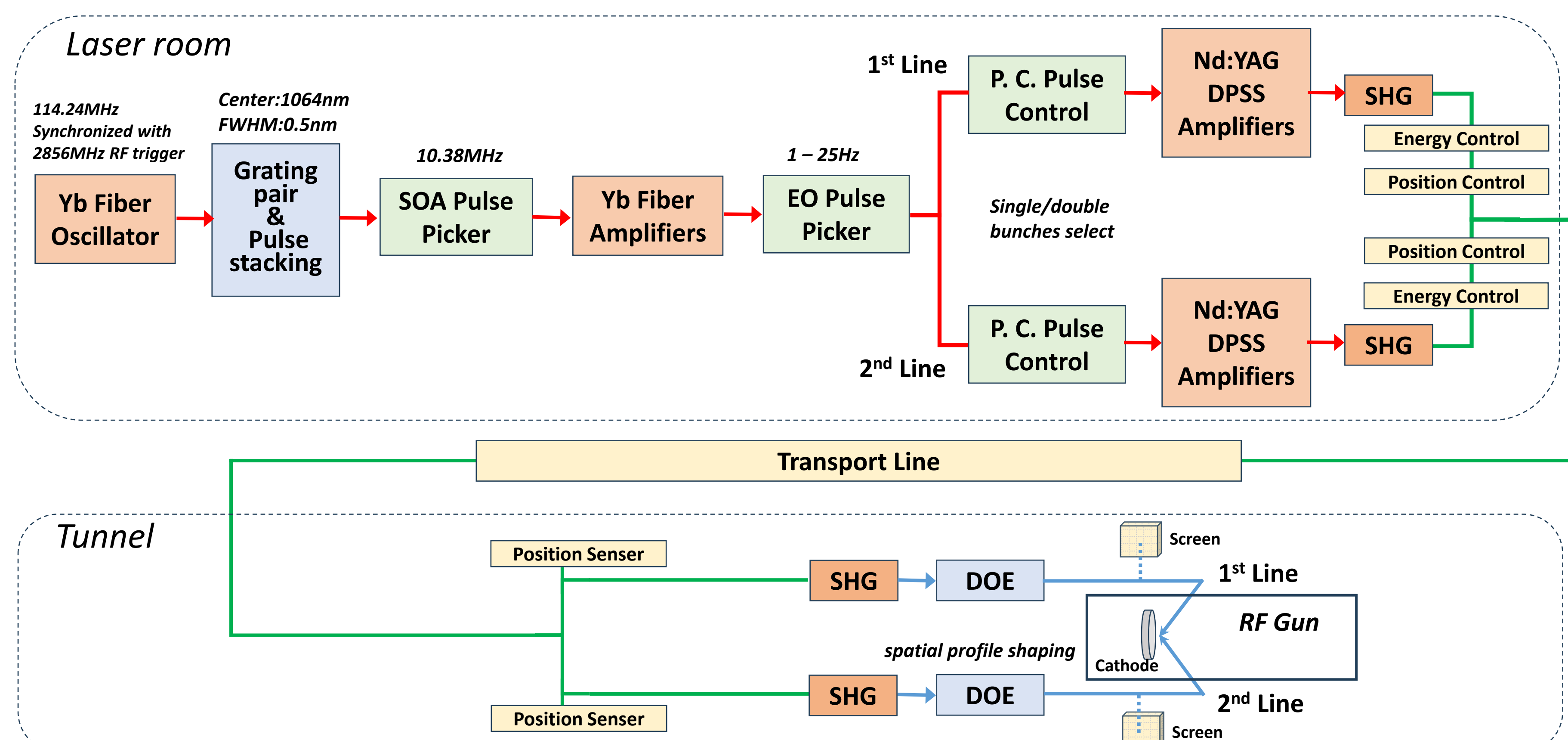
Xiangyu Zhou ^{#, A), B)}, Rui Zhang ^{A), B)}, Hiroki Kumano ^{C)}, Naoyuki Toyotomi ^{C)}, Mitsuhiro Yoshida ^{A), B)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

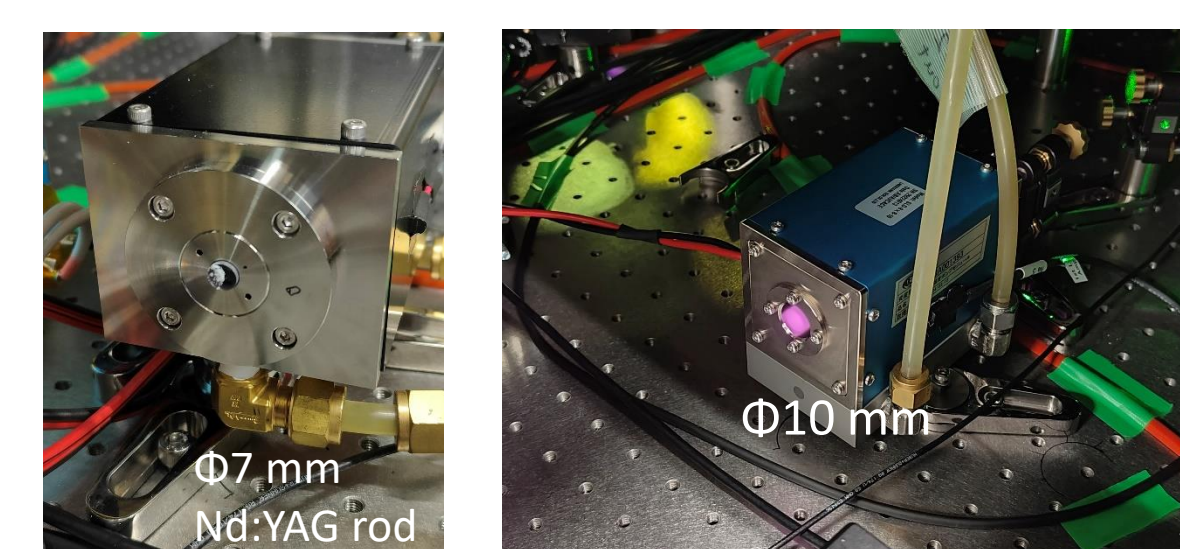
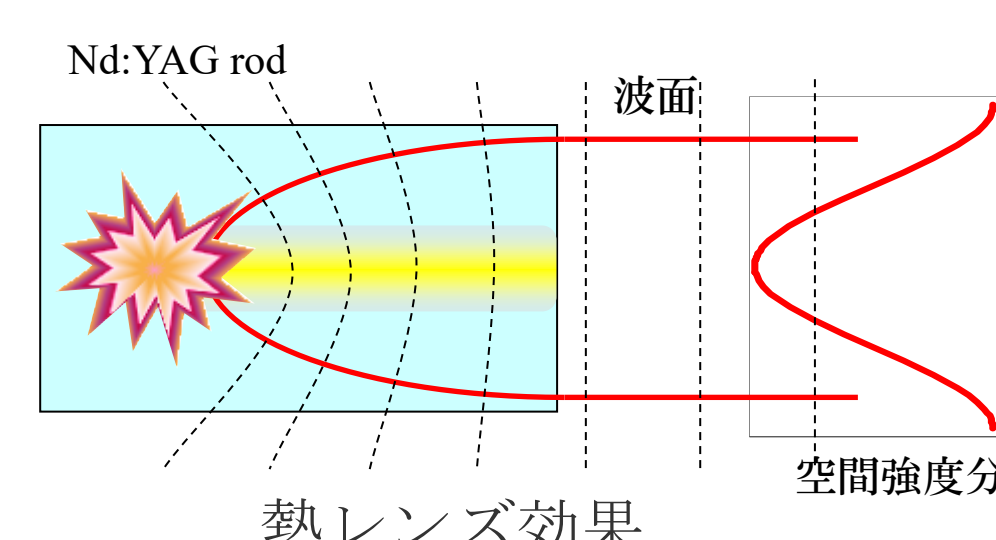
^{B)} The Graduate University of Advanced Studies (SOKENDAI)

c) Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd.

- ◆ **SuperKEKBの線形加速器（Linac）において電子生成に使用されるレーザーシステムは、mJレベルの紫外パルスを出力可能であり、これまで数年間にわたり安定稼働を継続している。**
- ◆ **レーザーシステムは、長期安定運転を実現するために、継続的なアップグレードと運用中の改善を重ねてきた。その結果、数か月間にわたって、安定かつ高品質な電子ビームを連続的に出力している。**



- 増幅モジュールのアップグレード
第5段増幅モジュールの設計を改良し、結晶の直径を10 mmに拡大するとともに、熱レンズ効果の低減を図っている。



- ◆ レーザーシステムは、ファイバーレーザーとNd:YAG固体レーザーを組み合わせたハイブリッド型構成であり、完全に独自に開発された。大規模加速器プロジェクトにおいて本格的に実用化されたのは世界でも初めての事例である。
- ◆ 空間電荷効果を抑制するため、フォトカソード上のレーザー強度分布は三次元的に均一な円筒形に整形されている。

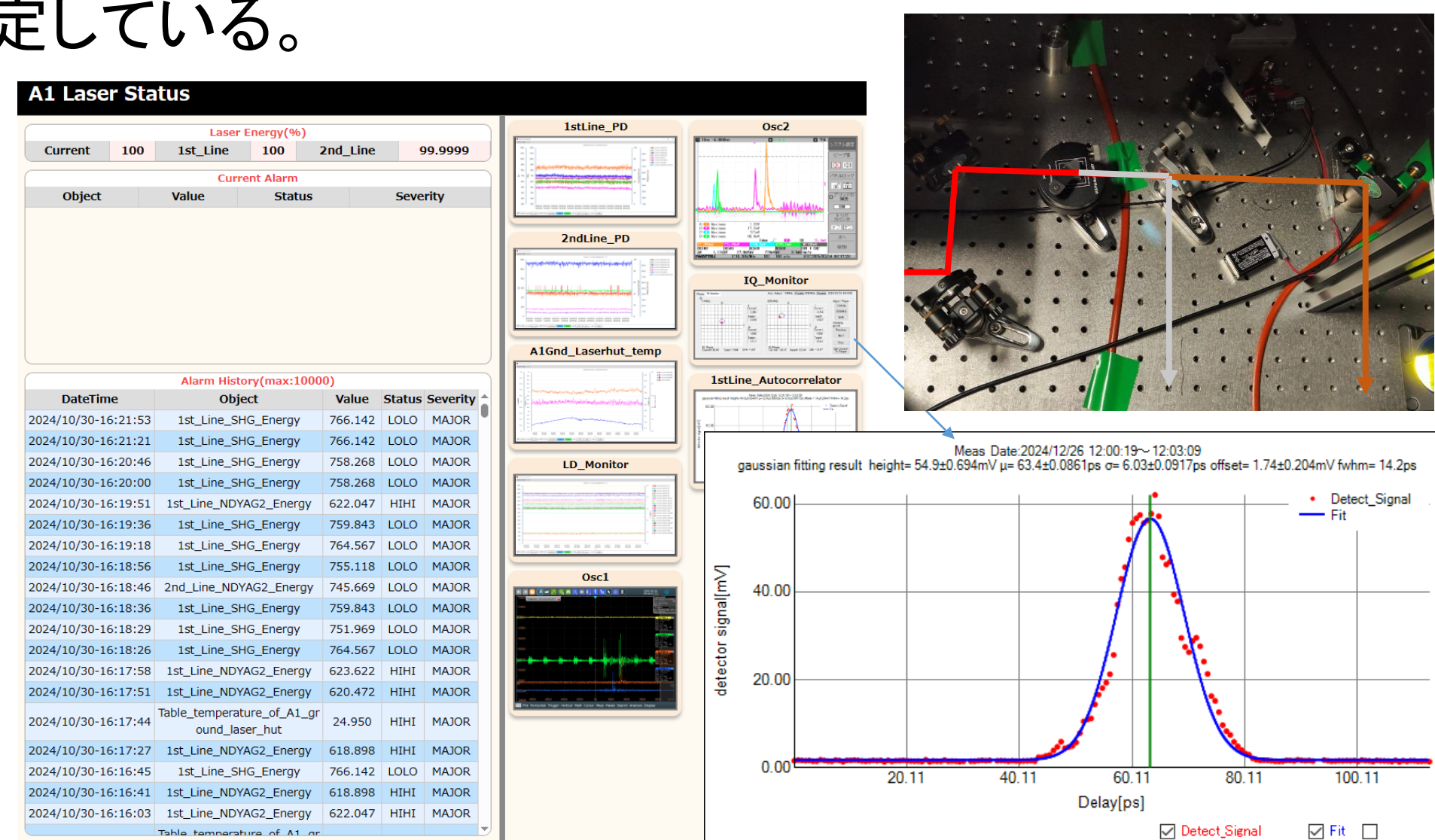
○ 縦方向（時間方向）：Pulse stacking法

○ 横方向(ビームプロファイル) : Diffractive Optical Element

- ◆ レーザービームの安定性は、自動ビーム位置フィードバックシステムとレーザーエネルギーのフィードバック制御によって維持されている。

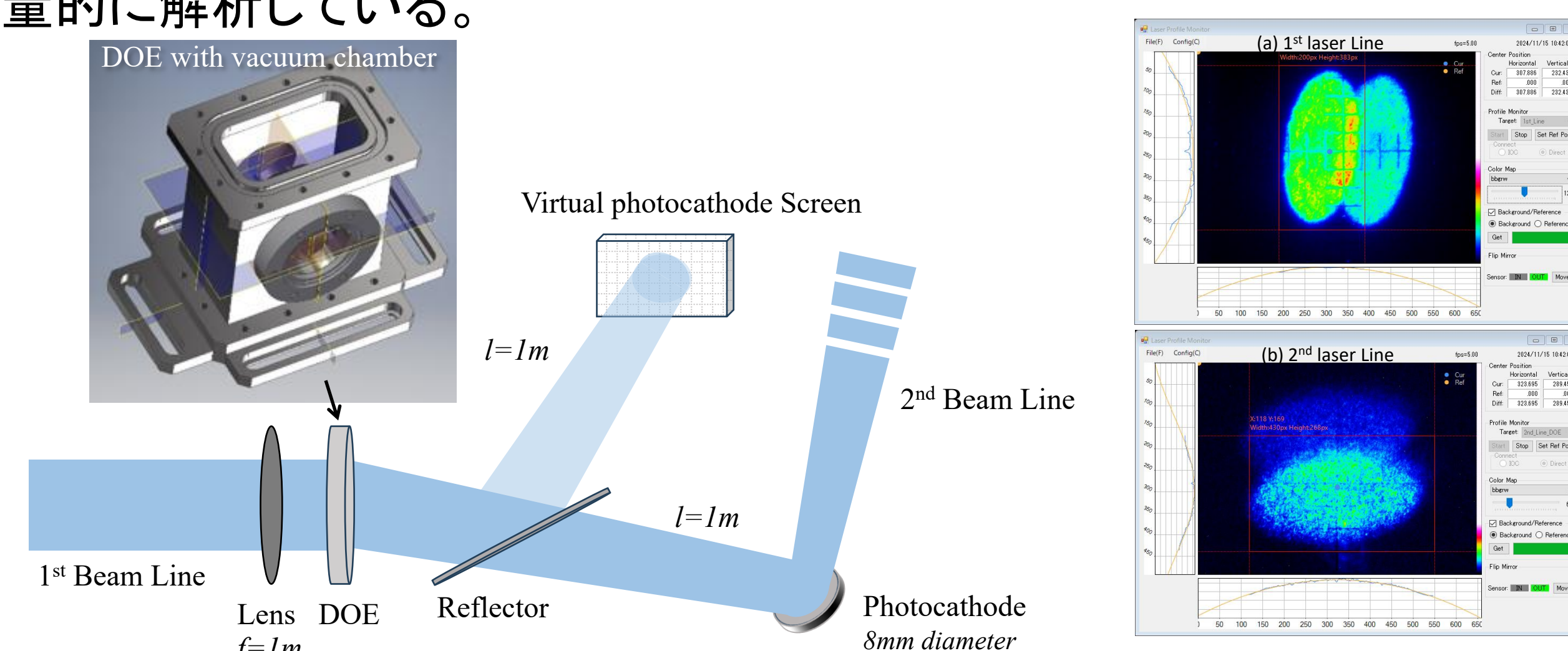
- ## ● パルス時間プロファイルの常時自動計測システム

SHG生成後に残る基本波の一部を自己相関係へ導入することで、主ビームラインの動作を妨げることなく、レーザーパルスの時間プロファイルを測定することが可能である。本システムでは、1日2回、運転中にパルス形状を自動測定している。



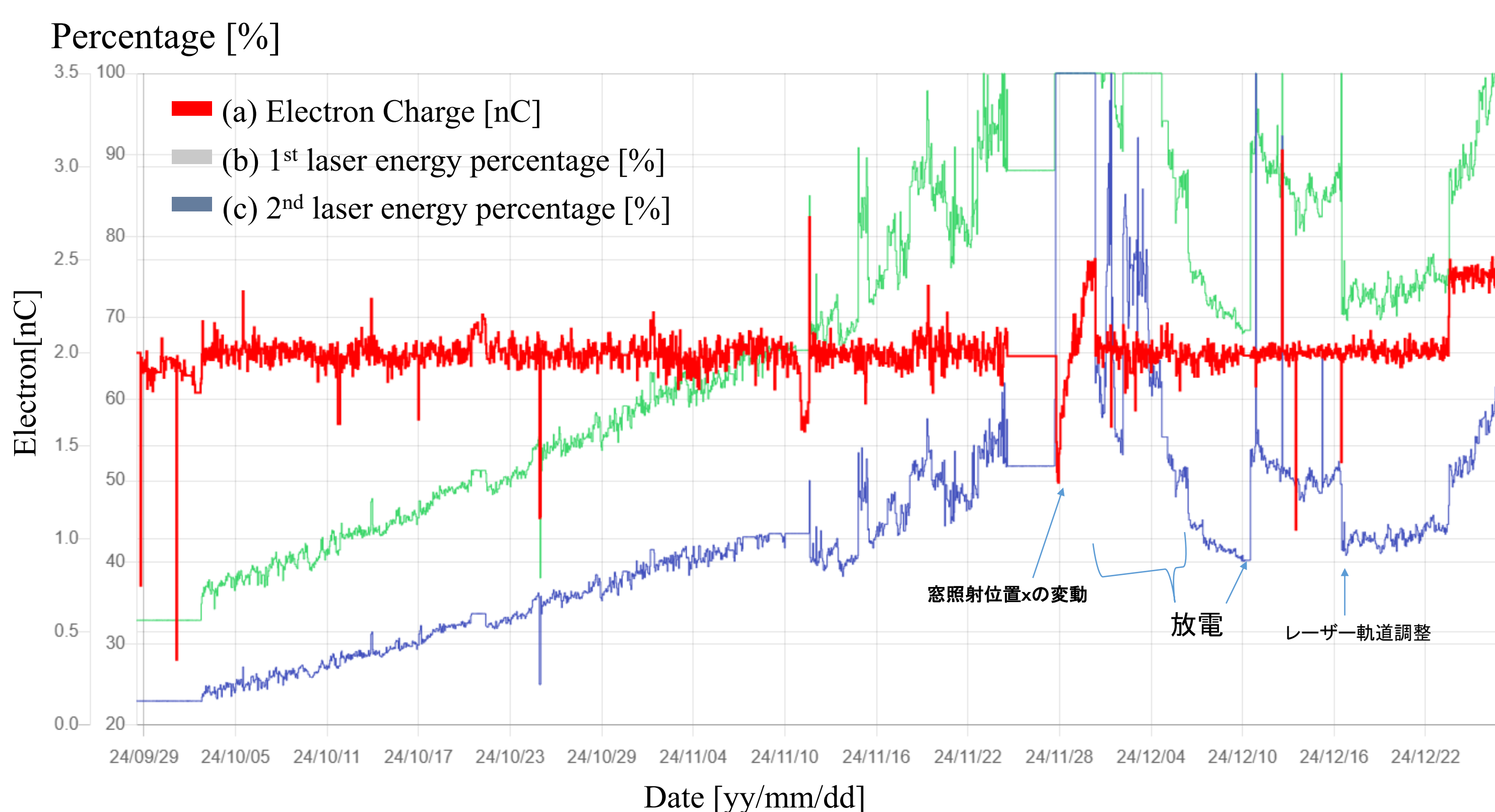
- ## ● ビームジッタの監視システム

バーチャルカソードスクリーン上に観測されたレーザースポットに対し、Pulse-to-Pulseで得られたデータを基に、入射ビームのX/Y方向ジッタを定量的に解析している。

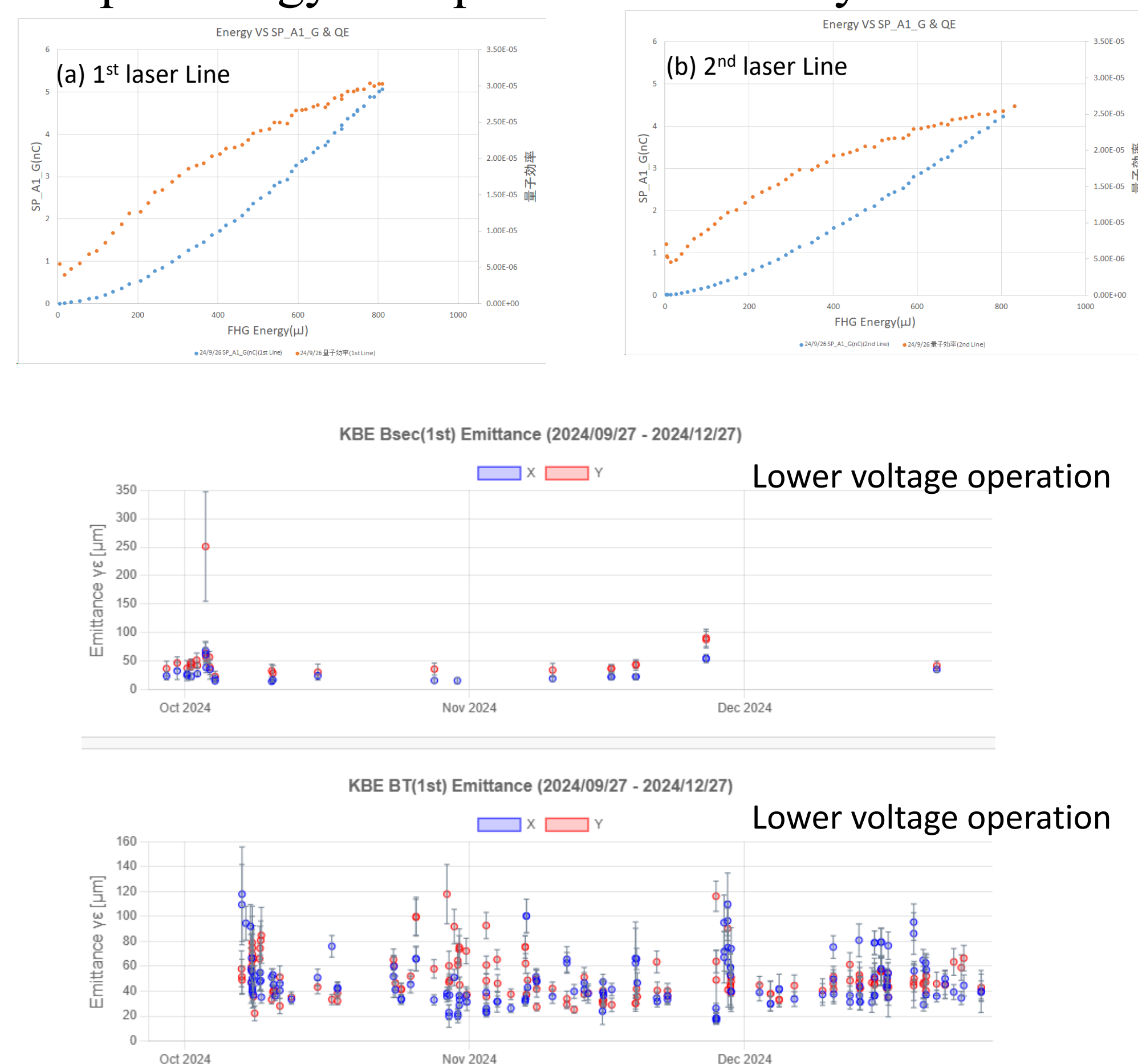


運転期間に、入射ビームのX/Y方向ジッタは平均で約20 μm と評価された。

■ 2024年度電子銃運転実績



Output energy and quantum efficiency



- ◆ 長期間にわたる連続運転を通じて、レーザーシステムは極めて高い信頼性と安定性を示し、SuperKEKB加速器の安定運転とルミノシティ世界記録達成において重要な役割を果たした。
- ◆ 電子銃空洞内での放電や電子銃窓の劣化といった問題も発生しており、RF電子銃空洞の交換が2025年秋に実施される予定である。