

SACLA 線形加速器の性能と課題

原 徹

理化学研究所 放射光科学総合研究センター

SACLA 線形加速器は、コンパクト化と安定性を追求した加速器である。周期長 18 mm の真空封止型短周期アンジュレータを用いることで、10 keV 前後の硬 X 線領域のレーザー発振を 8 GeV という低いビームエネルギーで実現し、更に 35-40 MV/m の高加速勾配 C-band 加速管の導入によって、線形加速器の全長を約 400 m に抑えている。また SACLA はユーザー実験施設であるため、電子ビームやレーザー光の安定性は最も重要な点である。SACLA ではレーザー発振に必要な高密度電子ビームを生成するため、入射部の速度変調バンチ圧縮に加え 3 段のシケイン型バンチ圧縮器を用いて、1 ns の初期電子バンチを最終的に 20-30 fs まで圧縮している。電子ビームの加速と圧縮を安定に行うためには、各加速管空洞の安定動作は必須であり、0.01°C の精密温度制御装置や、加速器全体をカバーする同期精度 100 fs 以下のタイミングシステムを開発、実現させてきた。

2012 年 3 月のユーザー実験供用開始以後も、ユーザー運転と並行して加速器の安定化および高度化に継続して取り組んでいる。各種安定化の結果、現状アンジュレータへの入射電子ビーム軌道のふらつきは、位相空間上で水平 1.1 pm-rad、垂直 0.18 pm-rad と、電子ビームエミッタンス（規格化エミッタンス 1 mm-mrad は 8 GeV で 64 pm-rad）に比べ十分小さく抑えられている。またビームエネルギーの安定性も 2×10^{-4} (RMS) を達成している。

レーザー出力は K 値が上がるほど増えるため、加速管増設によるビームエネルギーの増強、および小ギャップ化によるアンジュレータ最大 K 値の増大は、SACLA 高度化のひとつの方向である。現状の運転では、最小ギャップ 3.5 mm、最大 K 値 2.15 でアンジュレータを使用しているが、ギャップを 2.5 mm 程度まで閉めることができれば K 値は 2.7 を超える。

本発表では、SACLA 線形加速器が現状達成している性能に加え、アンジュレータ小ギャップ運転の可能性、減磁を防ぐためのロスモニター、および線形加速器のビームエンベロップ問題などについて紹介する。