

STABILITY IMPROVEMENTS OF THE XFEL INTENSITY AT SACLA

Hirokazu Maesaka^{#,A)}, Takao Asaka^{A)}, Takahiro Inagaki^{A)}, Takashi Ohshima^{A)}, Yutaka Kano^{C)}, Yasuyuki Tajiri^{C)}, Shin'ichiro Tanaka^{C)}, Kazuaki Togawa^{A)}, Taichi Hasegawa^{C)}, Teruaki Hasegawa^{A)}, Toru Hara^{A)}, Shin'ichi Matsubara^{B)}, Takuya Morinaga^{C)}, Ryo Yamamoto^{C)}, Hitoshi Tanaka^{A)}, Yuji Otake^{A)}

^{A)} RIKEN SPring-8 Center, XFEL Division

1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo-ken, 679-5148

^{B)} Japan Synchrotron Radiation Research Institute, XFEL Division

1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo-ken, 679-5198

^{C)} SPring-8 Service Co., Ltd.

1-20-5 Kouto, Shingu-cho, Tatsuno-shi, Hyogo-ken, 679-5165

Abstract

For stable user operation of SACLA, an XFEL intensity is necessary to be stable within 10% RMS for a short term jitter and 10 % pk-pk for long term drift. In the early stage of XFEL lasing at SACLA, however, the XFEL intensity decreased to about half of the demand, if we did not adjust the accelerator condition. The XFEL intensity is mainly affected by the peak current fluctuation and drift of an electron beam and the demanded peak current is achieved by multi-stage bunch compression system. From a simulation study, the acceleration rf phase stability for the bunch compression stage is 50 fs RMS for short term jitter and a few 100 fs pk-pk for long term drift. However, we found that the rf phase of an injector part had a large drift of 10 ps. Therefore, we improved the temperature stability of the acceleration cavity in the injector from 0.08 K pk-pk to less than 0.01K pk-pk by using a further precise temperature regulation system. In addition, the temperature coefficient of low-level rf electronics was reduced. As a result, the long term XFEL intensity drift was reduced to 10 % pk-pk level, if an operator sometimes finely adjusted some rf parameters of the injector.

SACLA の XFEL 強度安定化

1. はじめに

X 線自由電子レーザー(XFEL) 光を様々な実験で有効に利用するには、XFEL の強度安定性が非常に重要である。SACLA^[1,2]では、XFEL 発振当初は何もしないと XFEL 強度が徐々に下がり、1 時間程度で半分くらいに下がってしまうような状況であった。その強度変動のトレンドグラフを図 1 に示す。また、短期安定度についても 10% RMS 以上の変動があり、これは、SACLA の XFEL 発振過程である自己増幅型(SASE) FEL の原理的な変動量である 10% RMS 弱より大きいことがわかっている。利用実験にて不満なく XFEL を使用できるようにするには、XFEL 強度の長期安定度を 10% pk-pk 以下、短期安定度を 10% RMS 以下にすることが求められる。

XFEL 強度変動の主な要因として、ピーク電流の変動が知られている。SACLA では、図 2 のレイアウト図に示すように、加速器の前半部分において速度変調バンチングと 3 段の磁気シケイン(BC1 ~ BC3)を用いたバンチ圧縮をおこない、XFEL 発振に必要な 3 kA という高いピーク電流を実現する。この各圧縮段階で変動が起こると圧縮率が悪くなることによってピーク電流が低下し、XFEL 強度の低下につながる。バンチ圧縮をする部分では電子ビームにエネルギー変調を与える必要があるため、電子ビームは加速 RF 電圧に傾きがあるオフクレスト位相で加

速される。そのため、加速 RF 位相のわずかな変動がエネルギー変調に影響を与え、ピーク電流の変動となる。SACLA では、位相安定度の時間換算値

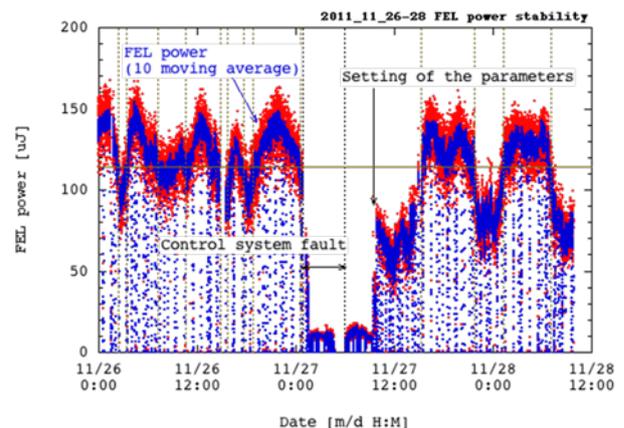


図 1: XFEL 発振当初の XFEL 強度のトレンドグラフ。赤の点が各ショットの強度で、青の点が 10 ショットの移動平均である。横軸は日時でフルスケール 60 時間、縦軸は XFEL のパルスあたりの強度を μJ で表したものである。なお、途中で 10 時間ほど強度が低い部分があるのは機器のトラブルのためで、安定度からきているものではない。なお、このデータの取得時は個々の RF 源のフィードバック制御とアンジュレータ入射軌道のフィードバック制御のみをおこなった。

[#] maesaka@spring8.or.jp

