



SACLA加速器と光源性能の 高度化に向けて

理研SPring-8センター

原 徹

(SACLAメンバーを代表して)

運転の現状

- 2012年度は当初計画通り約7000時間の運転を達成し、利用実験を順調に実施。
- 冷却水精密温調システムの改善により、電子ビームの安定性や加速器調整の精度が向上。
- レーザー出力が約4割増大。

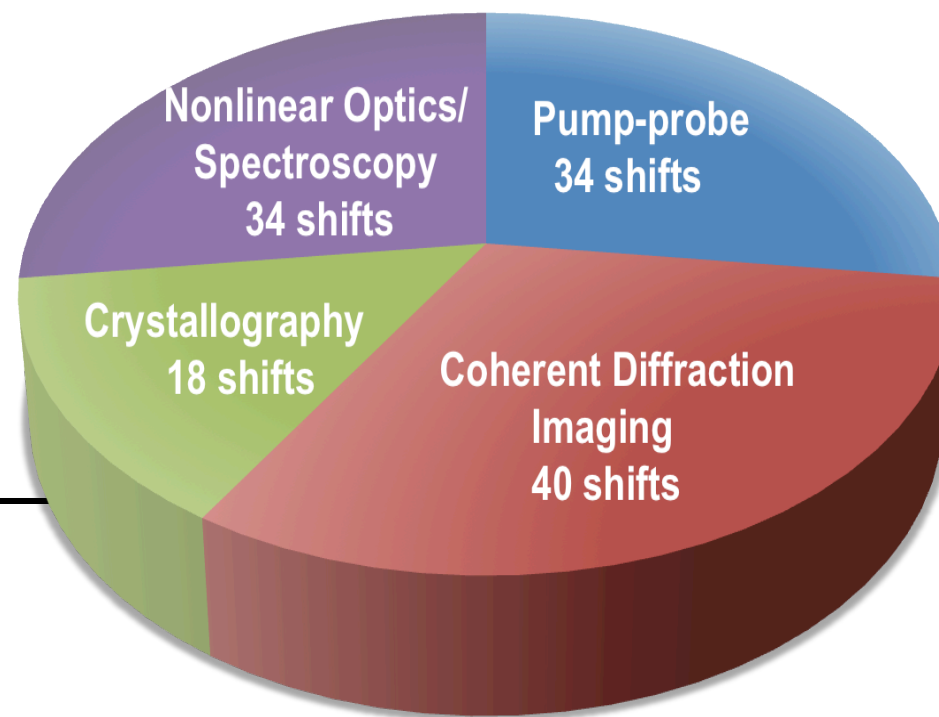
高度化

- 2色FELの実現と利用実験への提供。
- マルチビームライン化に向け、電子バンチごとにエネルギー制御する技術を考案、実証。

2012年度の運転状況

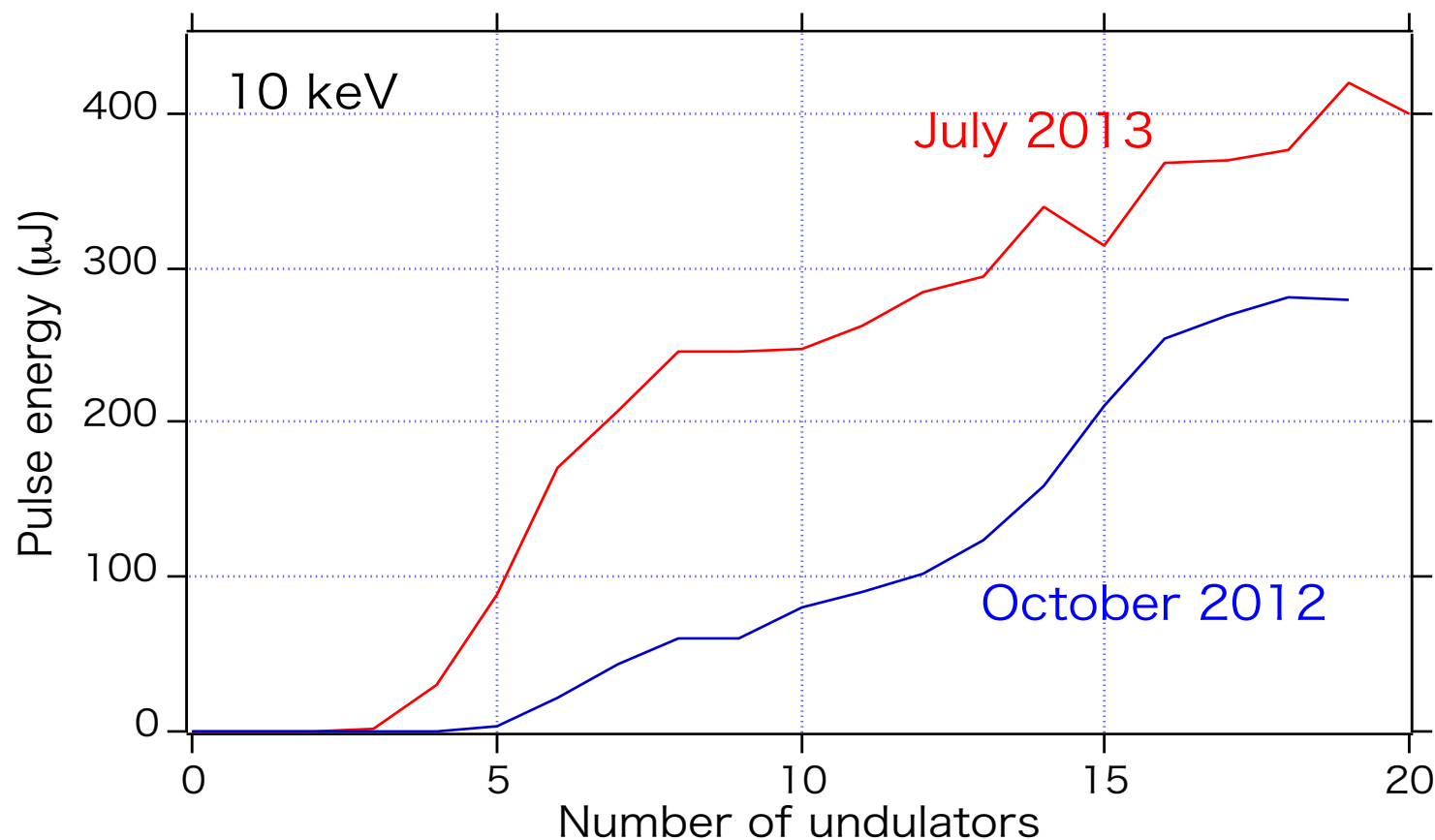
SACLA Operation Status in FY2012

| | |
|---|-----------------------|
| Operation period | 2012/04/01-2013/03/30 |
| Total operation time (achieved/planned) | 7016/7060 hours |
| User operation | 3152 hours |
| R&D and tuning | 3864 hours |
| Laser availability during user operation | 92.3 % |



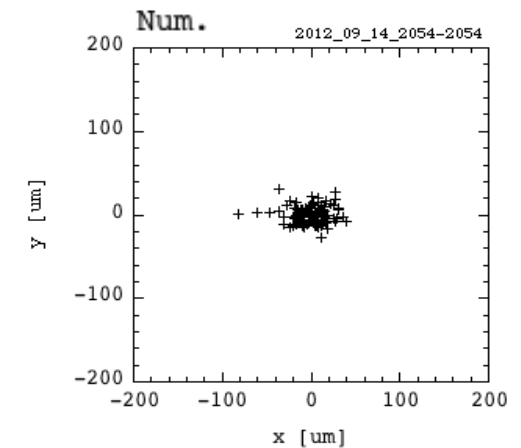
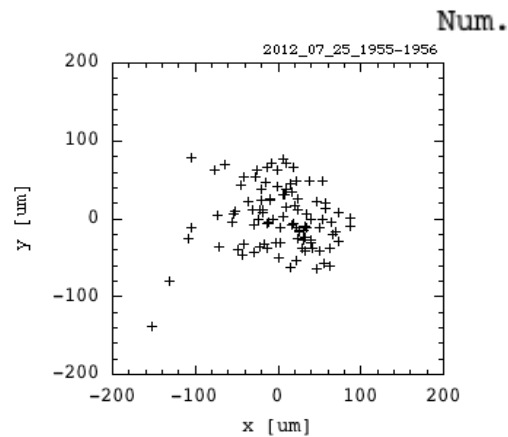
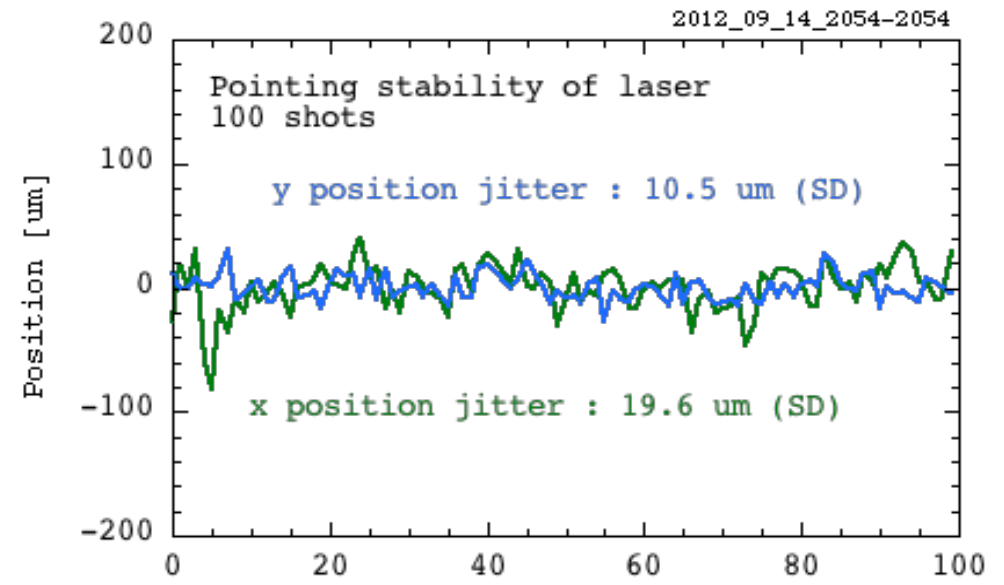
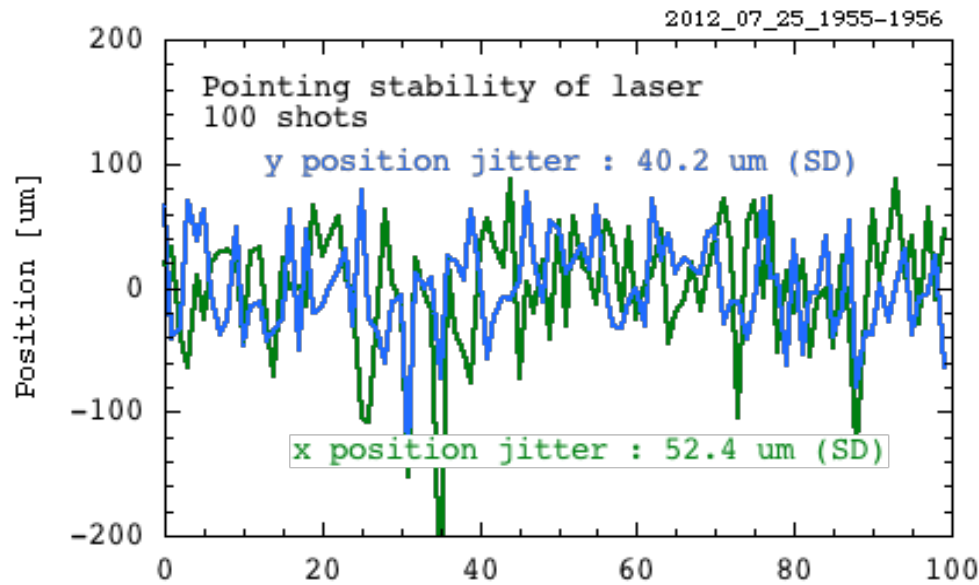
レーザー出力の向上

入射部やS-bandの冷却水温調システムの改良安定化で、加速器調整精度が向上し、10 keVのレーザー出力が250 μ Jから400 μ Jへ。



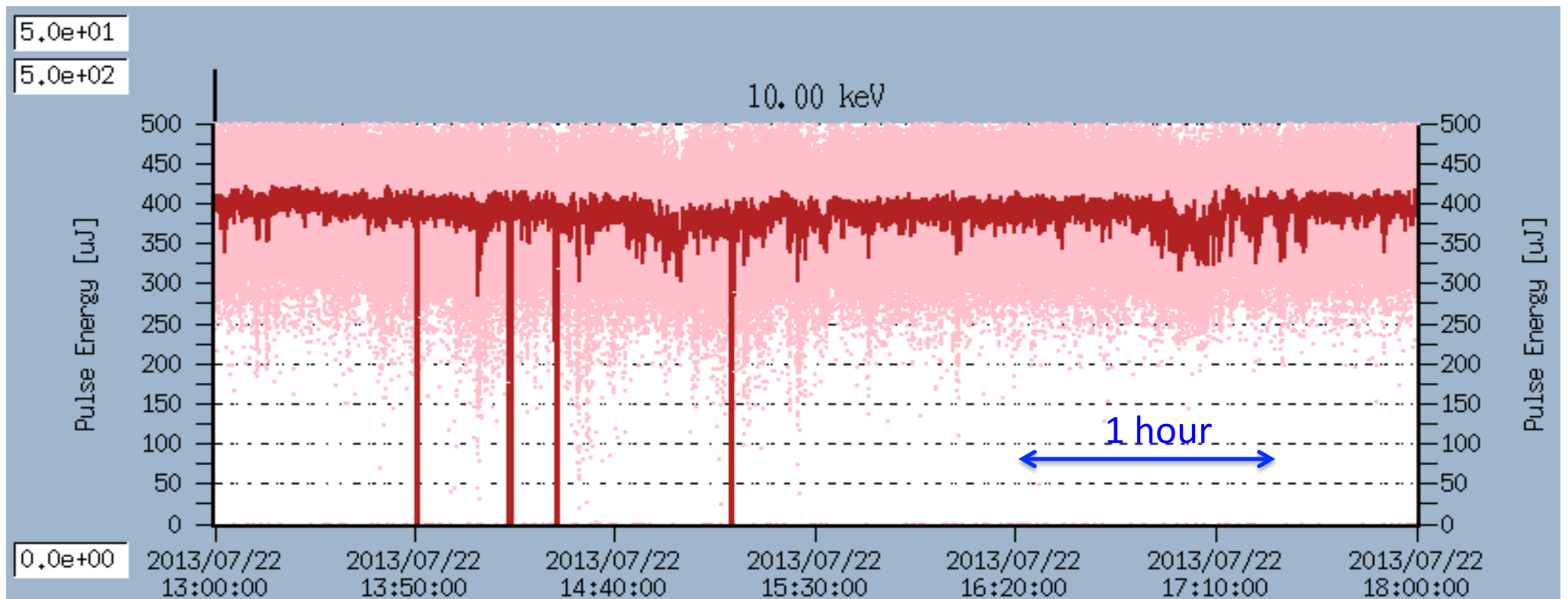
レーザー光の安定性

レーザー光のポインティングスタビリティが、光サイズの約10%に改善。



レーザー光の安定性

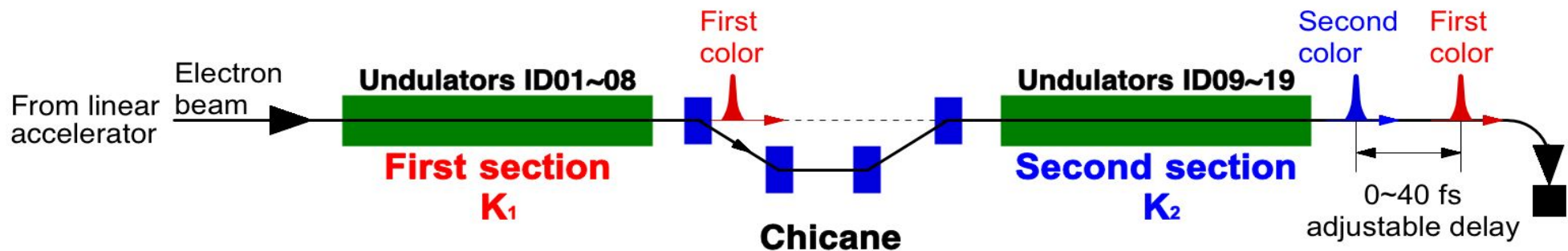
2013年5月より、レーザーの繰り返し周波数を20 Hzに。
RFトリップは、概ね平均30分に1回。



MOOT14: H. Maesaka, “SACLA加速器構成機器の高度化状況”

SACLA高度化:2色XFEL

- 世界初の硬X線領域における2色FEL。
- BL3の19台のアンジュレータをシケイン上下流の2セクションに分け、各々K値を異なる値にセットすることで2波長でSASEを起こす。
- X線ポンプX線プローブなど、新しい実験スキームが可能に。



- 2波長は共に可変。
- 2パルス間の時間ディレイは、シケインによりサブフェムト秒の精度で調整可能。



SACLA高度化:2色XFEL



Unpublished data

- 2波長の分離は、最大30%程度。
- 2波長目の出力は、1波長目の出力に依存。
- 2波長合計の出力は、1波長発振の場合の約半分程度。



SACLA高度化:2色XFEL



Unpublished data

1波長目を飽和近くまで発振させると、エネルギー Spredd が大きくなり2波長目が発振しなくなる。



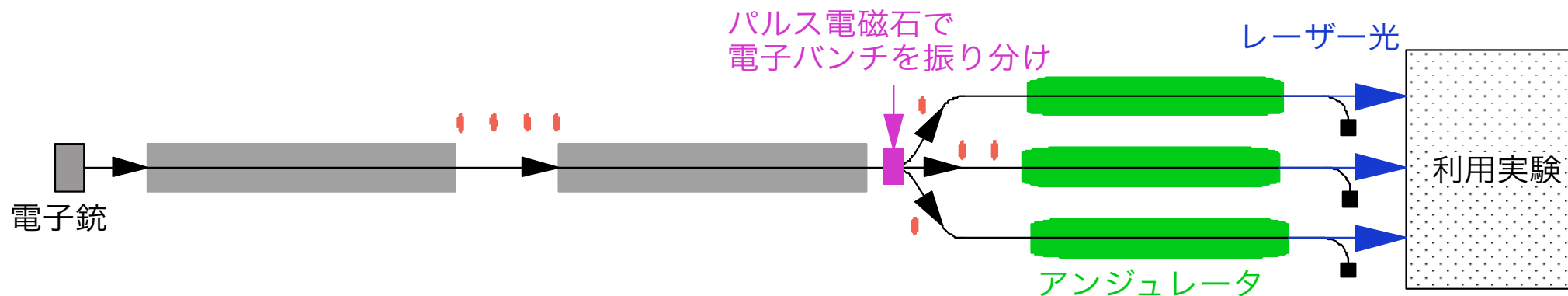
SACLA高度化:2色XFEL



Unpublished data

- 2色発振のプロセスは独立なので、シケインでビームをキックし、空間的に分離してレーザー光を出すことも可能。
- アンジュレータや四極電磁石は、キックした軌道に合わせて位置を調整。

- 増大する利用実験に対応するため、ビームラインを増設。
- 異なる利用実験では、異なるレーザー波長を使用。
- 複数の波長にどうビームエネルギーを最適化するか？

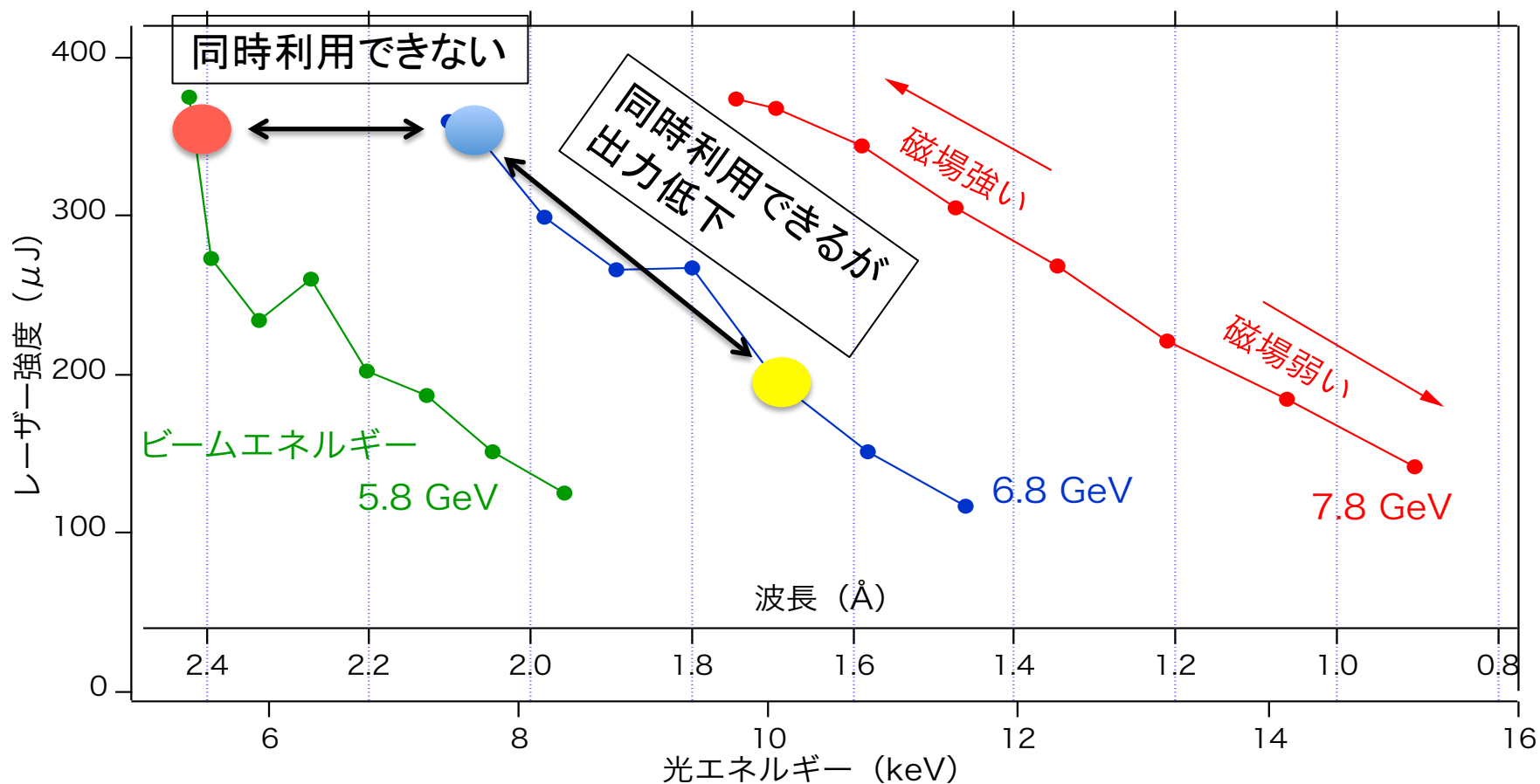


複数実験の同時利用がレーザー波長で制限

レーザー波長 $\lambda = \frac{\lambda_u}{2\gamma^2} \left(1 + \frac{K^2}{2} \right)$

ビームエネルギー γ

アンジュレータ磁場 K

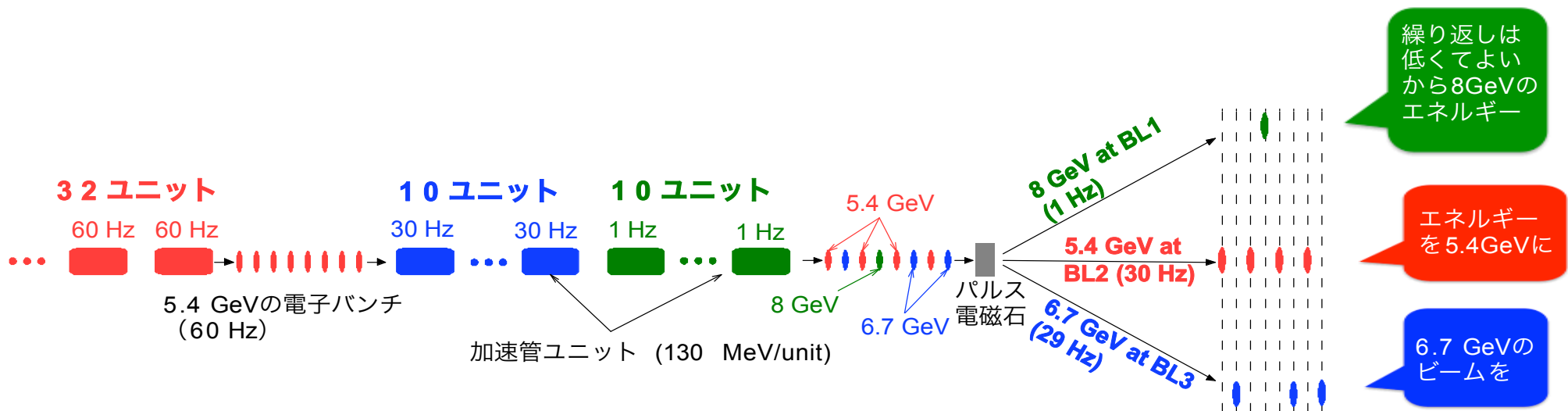


電子バンチごとにビームエネルギーを制御

- BLからのオーダーメードで加速 -

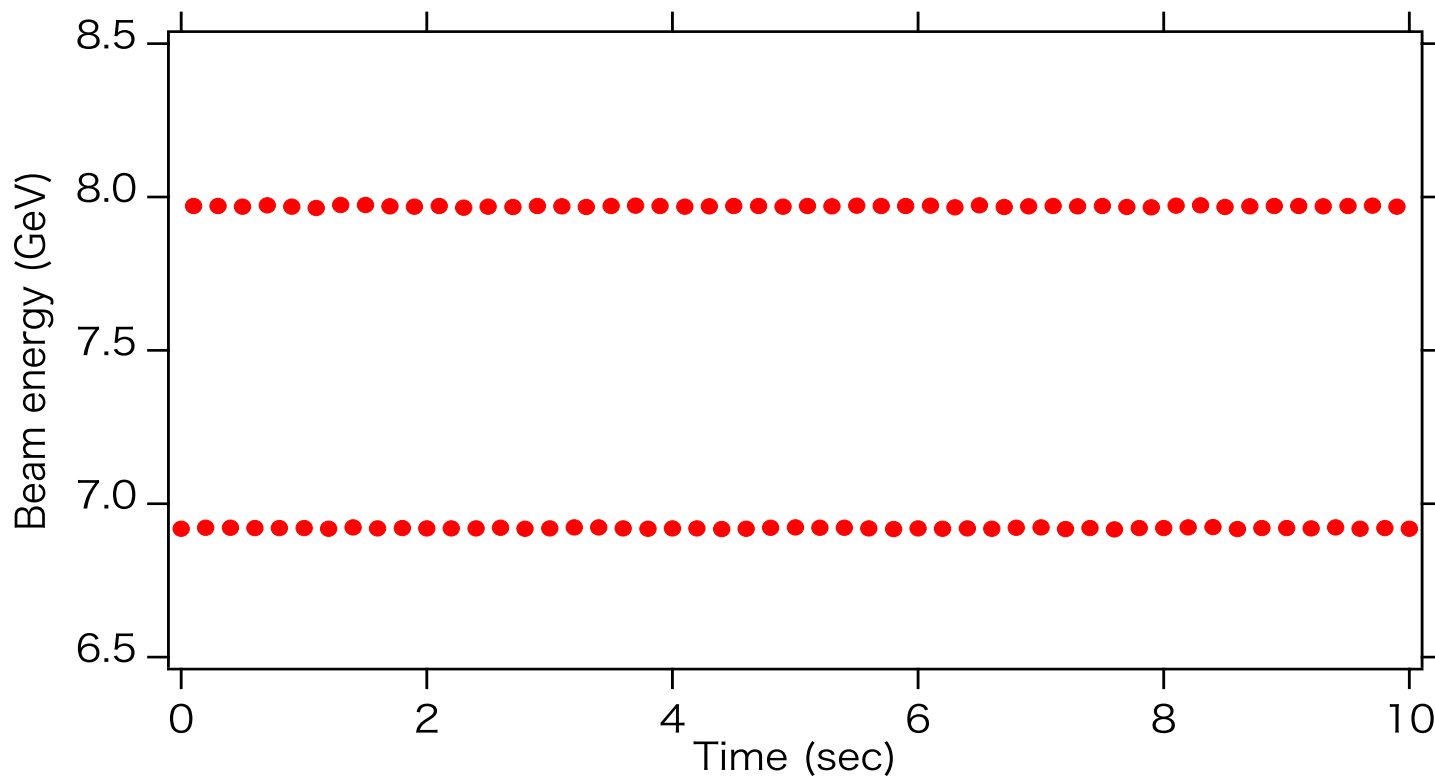
- マルチビームライン運転では、複数の独立した利用実験に対し、波長が異なるレーザーを供給する必要がある。
- マルチビームライン化に向けて、キッカー電磁石と組み合わせ、ビームライン毎に異なる最適なビームエネルギーを供給。
- RFは定常状態(一定の繰り返し)で動作するので、加速器の安定性やビーム品質を損なうことはない。

ビームラインからのオーダー



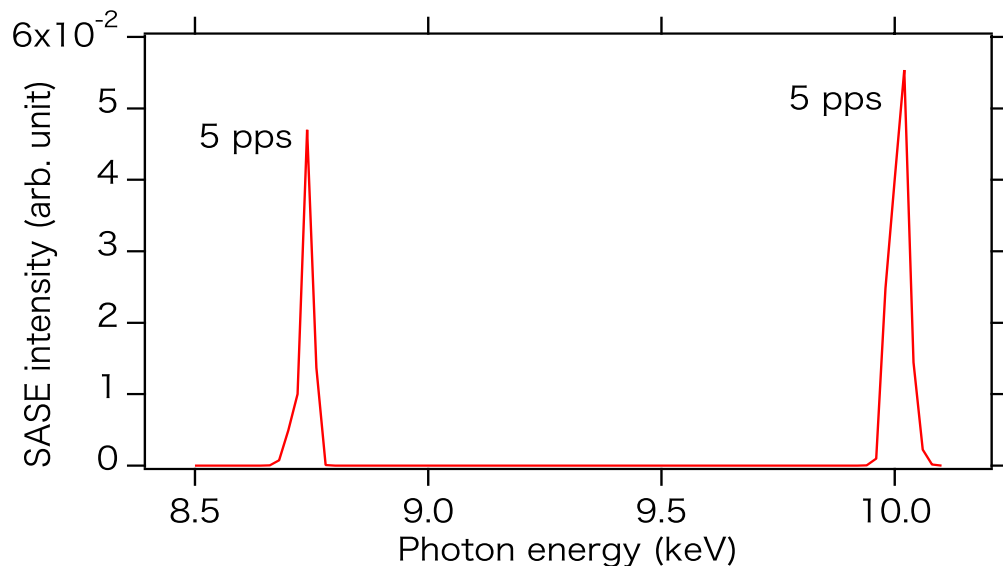
電子バンチをオーダーメイドで加速

電子バンチを交互に8.0 GeVと6.9 GeVまで加速



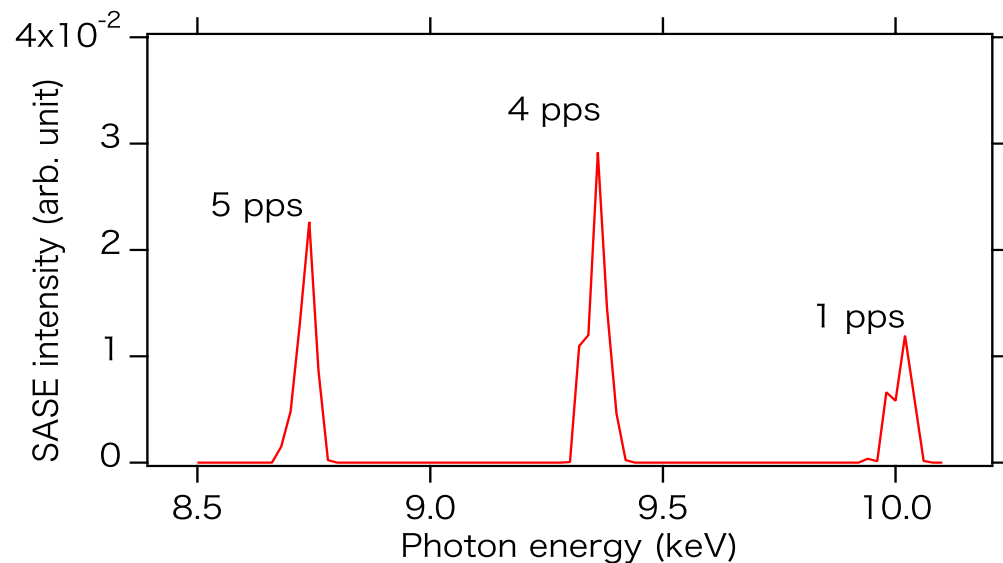
ビーム繰り返し10 Hz、C-band主加速部下流の8 RFユニット
(加速管16本)を5 Hzで運転

電子バンチをオーダーメイドで加速



ビーム繰り返し 10 Hz
C-band4RFユニット 5 Hz

ビームエネルギーは
7.3 GeVと7.8 GeV



ビーム繰り返し 10 Hz
C-band2RFユニット 5 Hz
C-band2RFユニット 1 Hz

ビームエネルギーは
7.3 GeV, 7.55 GeVと7.8 GeV

今後のSACLA高度化

- 2013年秋にBL3においてセルフシードによるフリーエ限界パルスの生成。
- SPring-8へのビーム入射に向け、2013年秋よりSACLAからシンクロダンプへのビーム輸送試験。
- 2014年秋よりBL2稼働。
- キッカーとセプタム電磁石による、マルチビームラインへの電子バンチ振り分けシステムの開発。
- 2013-2014年度にSCSS試験加速器をSACLA光源棟BL1上流へ移設。