

ニュースバルにおける時間同期系開発と フェムト秒パルスレーザーシーディング

後長葵 #, A, B), 金島圭佑^{A, B)}, 田中義人^{A, B)},
貴田祐一郎^{C)}, 橋本智^{D)}, 田中隆次^{B)}

^A兵庫県立大理学研究科, ^B理研放射光センター,
^C高輝度光科学研究センター, ^D兵庫県立大高度研

目次

はじめに

- フェムト秒パルスレーザーシーディング

時間同期系

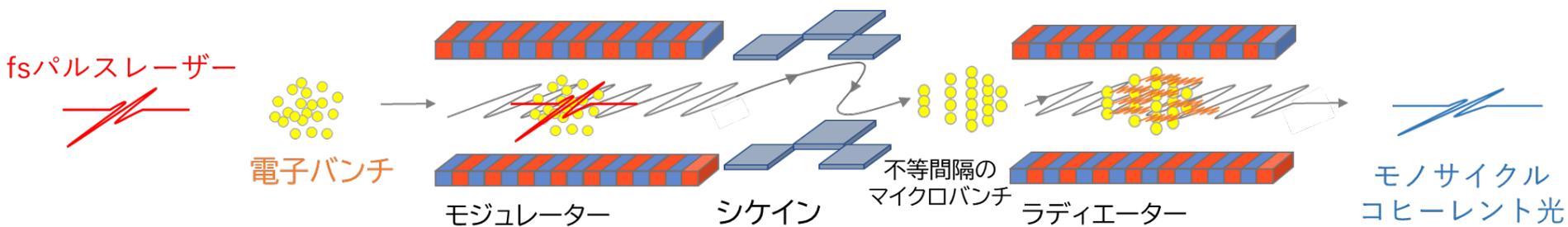
- 時間同期系の開発
- ストリークカメラによるモニター
- 同期精度の評価

レーザーシーディングへの応用

- 時間オーバーラップ
- 空間オーバーラップ
- コヒーレント光の発生

はじめに:フェムト秒パルスレーザーシーディング

放射光とレーザーによるモノサイクルFEL発生
の原理実証実験が放射光施設ニュースバルで進行中



目的

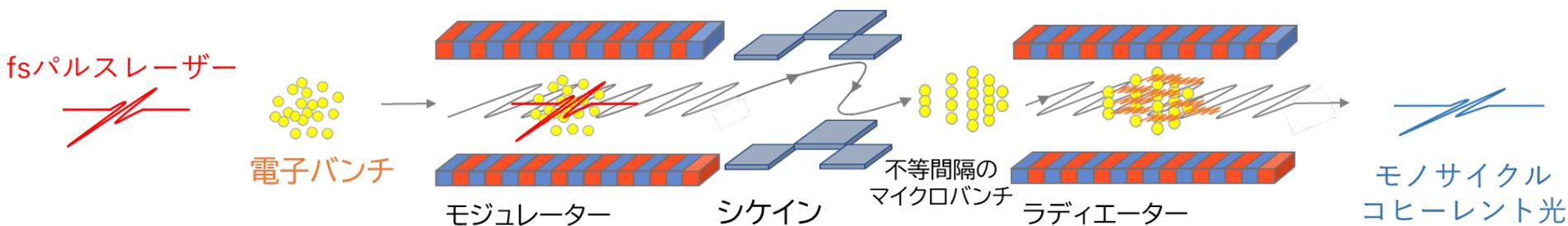
レーザーシーディング達成のために レーザー・電子バンチ間の

- ・時間オーバーラップ
- ・空間オーバーラップ
- ・周波数(波長)の共鳴

を達成する

はじめに:フェムト秒パルスレーザーシーディング

放射光とレーザーによるモノサイクルFEL発生
の原理実証実験が放射光施設ニュースバルで進行中



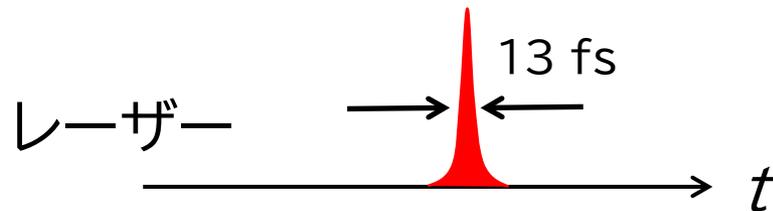
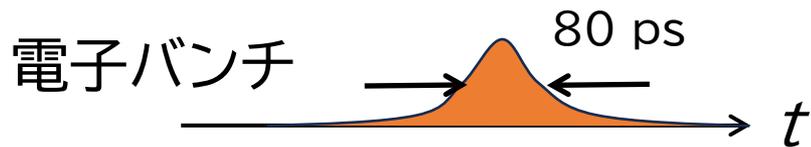
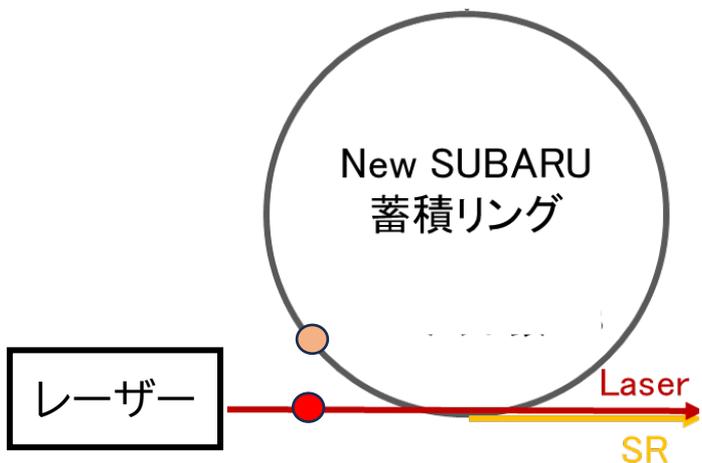
目的

レーザーシーディング達成のために レーザー・電子バンチ間の

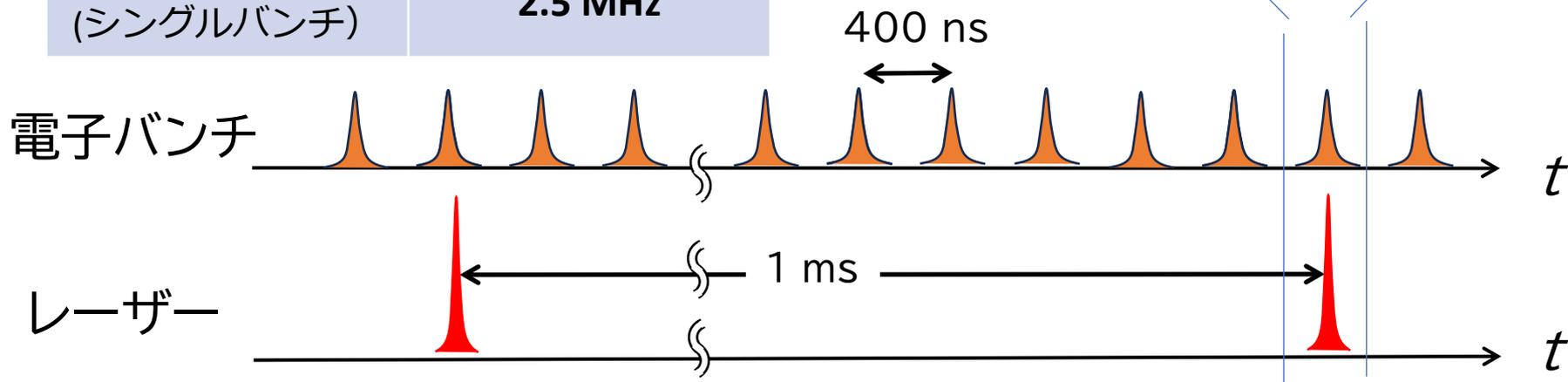
- ・時間オーバーラップ
- ・空間オーバーラップ
- ・周波数(波長)の共鳴

を達成する

時間同期系：時間構造

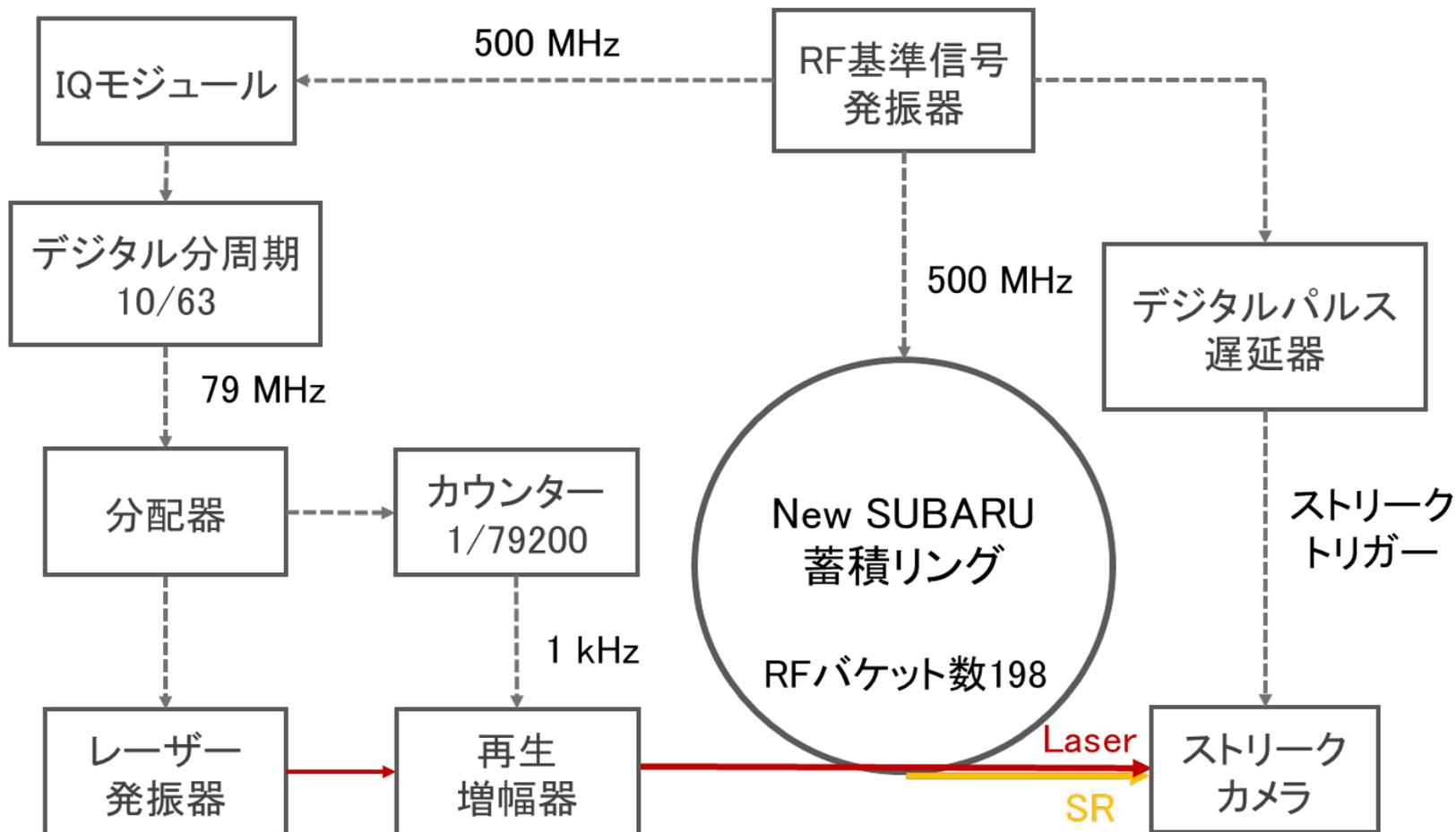


| 光源 | 繰り返し周波数 |
|--------------------|-----------|
| レーザー発振器 | 79.36 MHz |
| 再生増幅器 | 1 kHz |
| 電子バンチ (シングルバンチ) | 2.5 MHz |



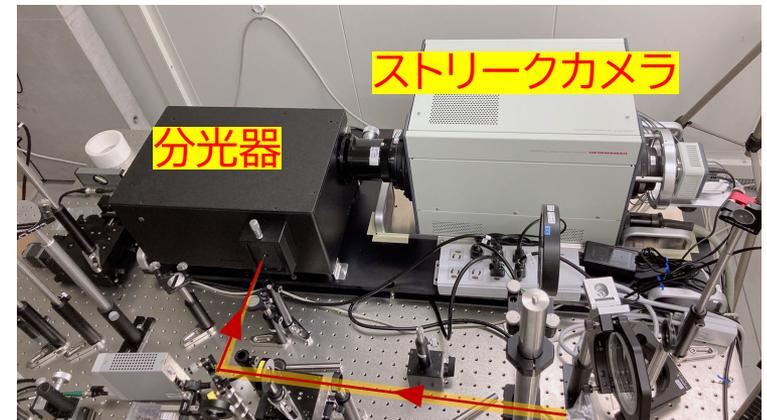
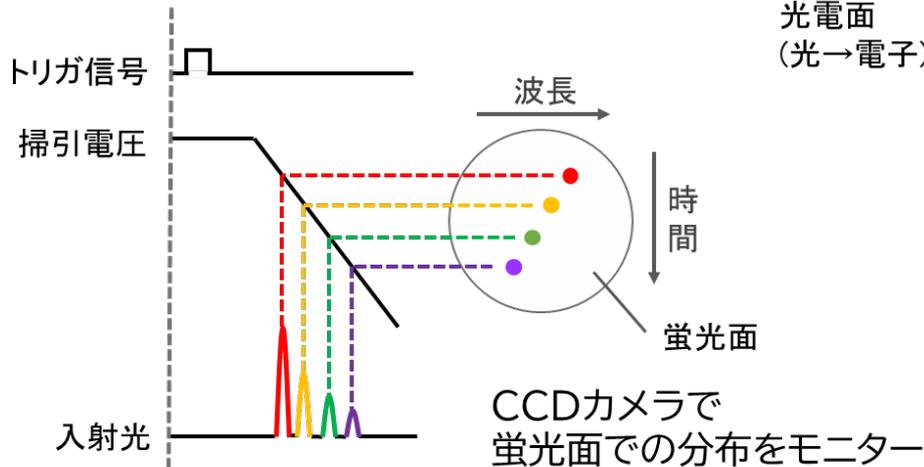
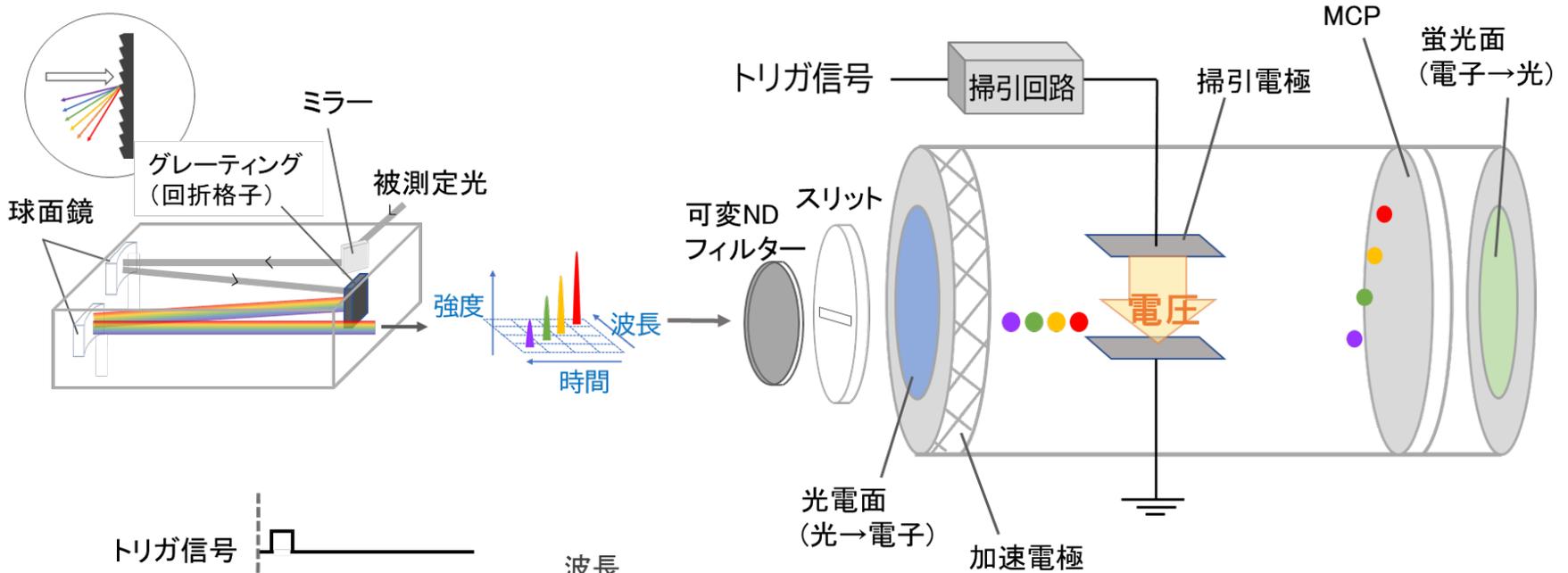
時間同期系：同期方法

RF基準信号をトリガーとしてレーザーのタイミングを制御



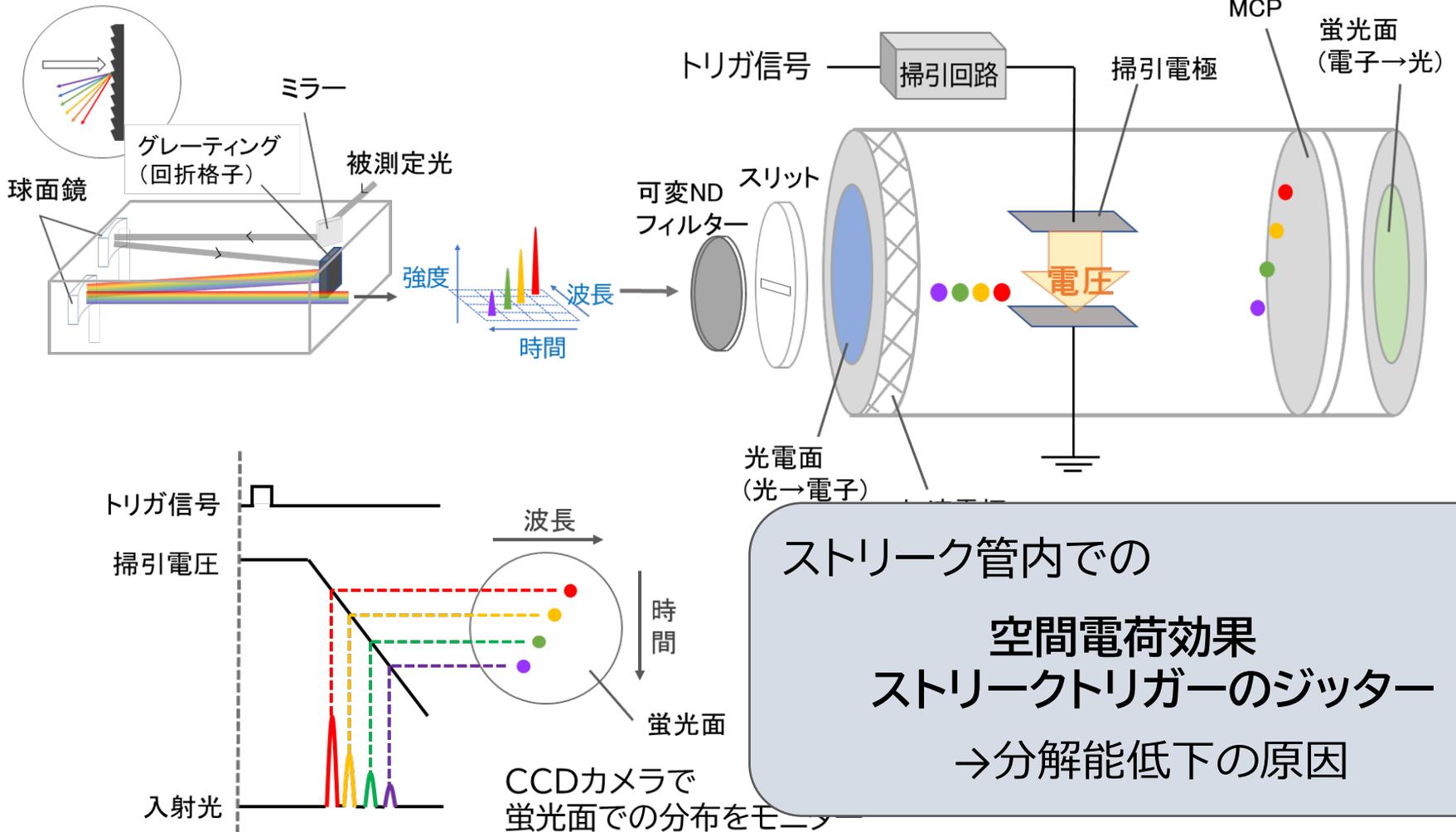
時間同期系：ストリークカメラによるモニター

分光器付ストリークカメラ



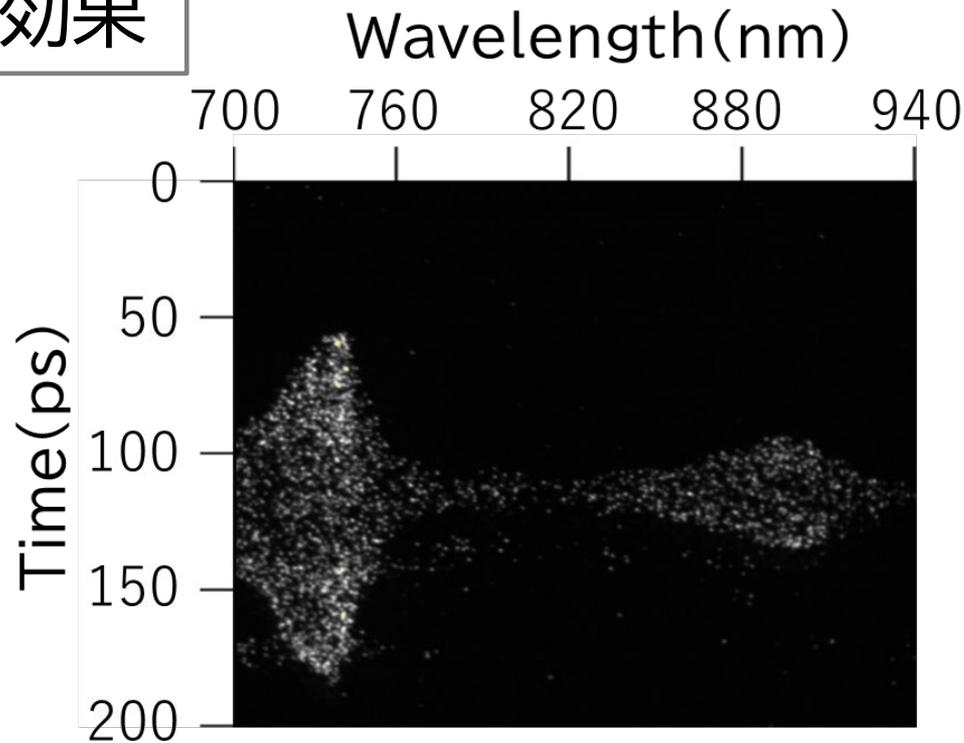
時間同期系：ストリークカメラによるモニター

分光器付ストリークカメラ



時間同期系：ストリークカメラによるモニター

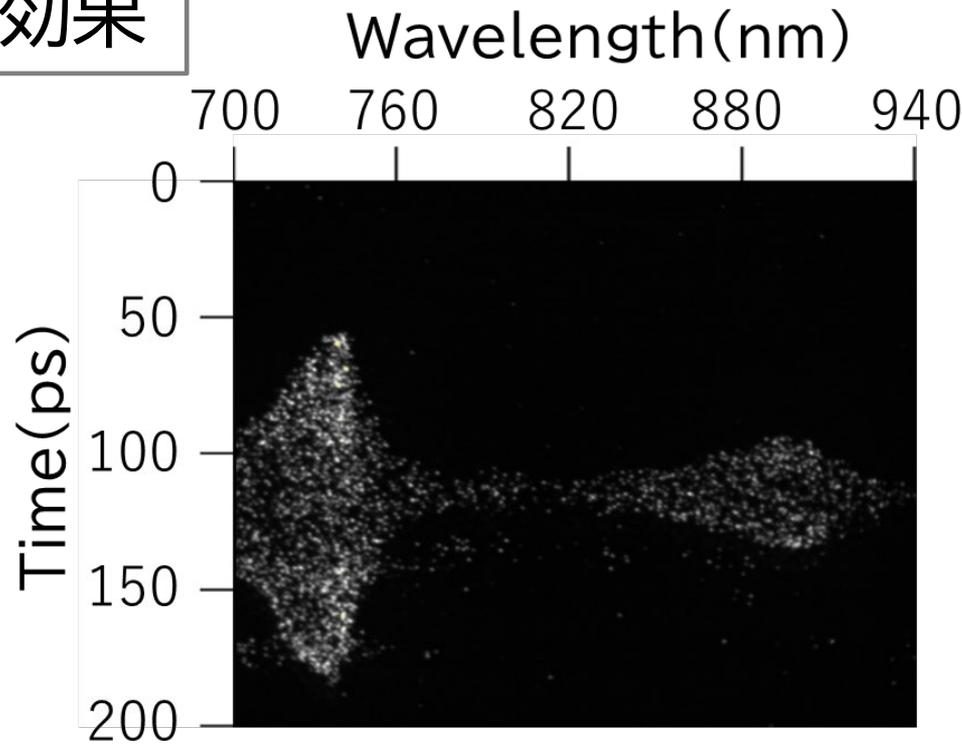
空間電荷効果



800-45°ミラーによって800 nmに近い波長ほど強度が弱く、700 nm、900 nm付近では強い状態でストリークカメラに入射

時間同期系：ストリークカメラによるモニター

空間電荷効果

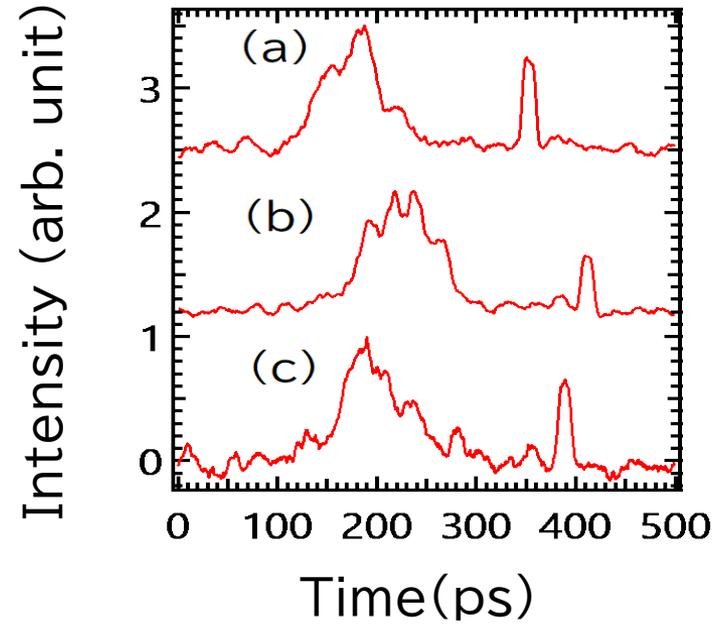
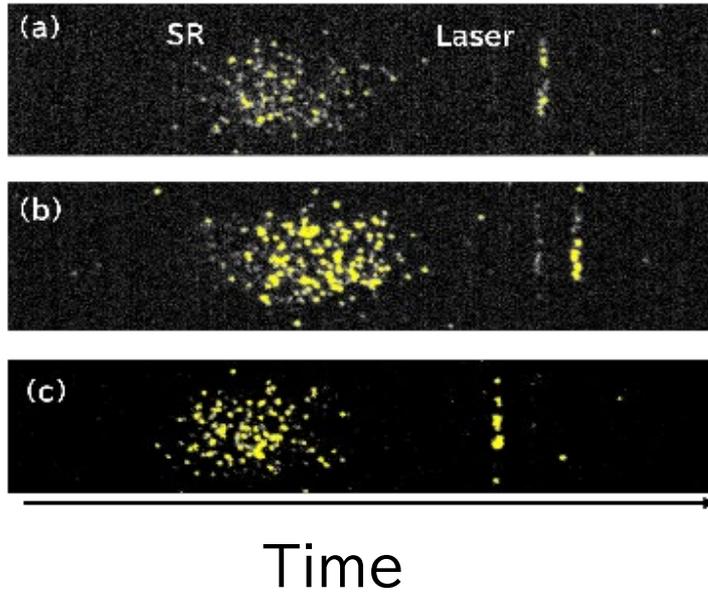


800-45°ミラーによって800 nmに近い波長ほど強度が弱く、700 nm、900 nm付近では強い状態でストリークカメラに入射

強度に依存した時間幅の広がりを防ぐために
可変NDフィルターで入射強度を調整

時間同期系：ストリークカメラによるモニター

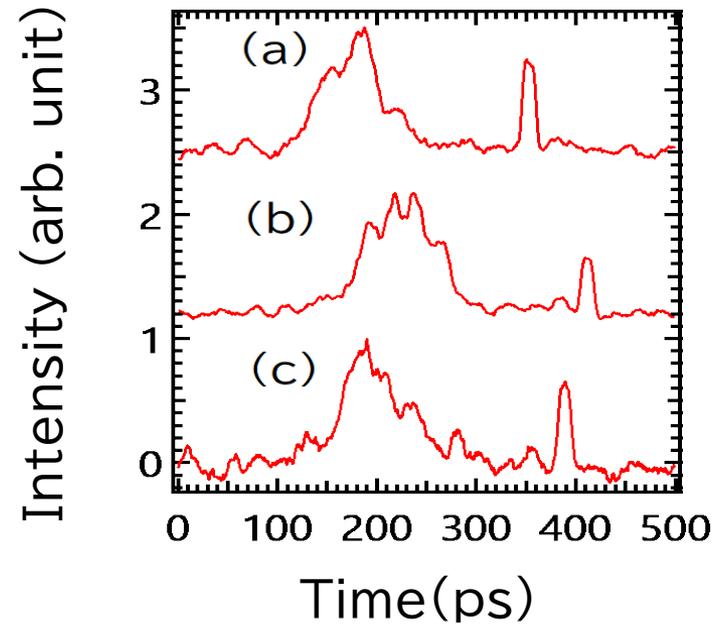
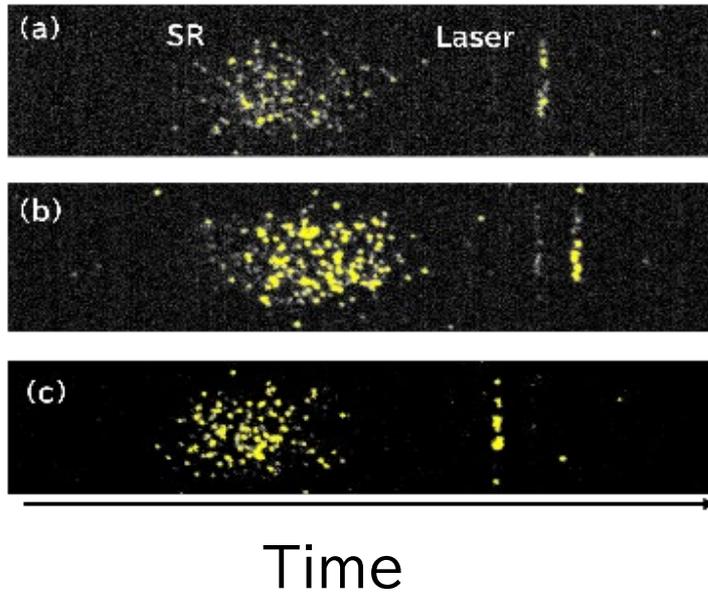
ジッター



ストリークトリガーのジッター 50 ps

時間同期系：ストリークカメラによるモニター

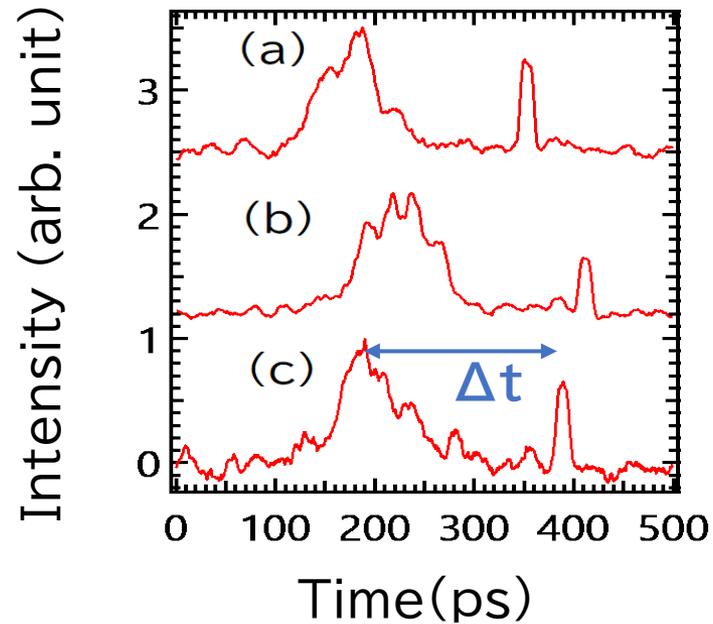
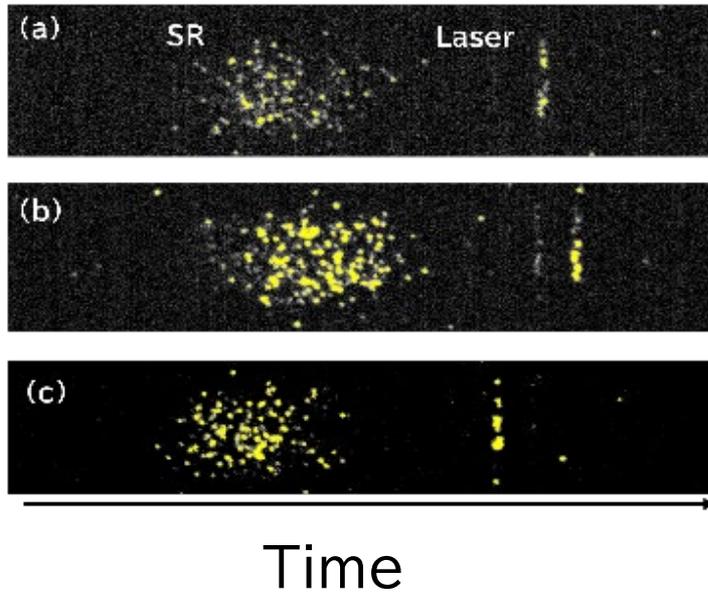
ジッター



ストリークトリガーのジッター 50 ps

積算時にプロファイルがぼやけてしまうため
シングルショットでモニター

時間同期系：同期精度の評価



値(ps)(FWHM)

放射光パルス幅

80 ± 7

レーザーパルス幅

10 ± 2

ストリークトリガーのジッター

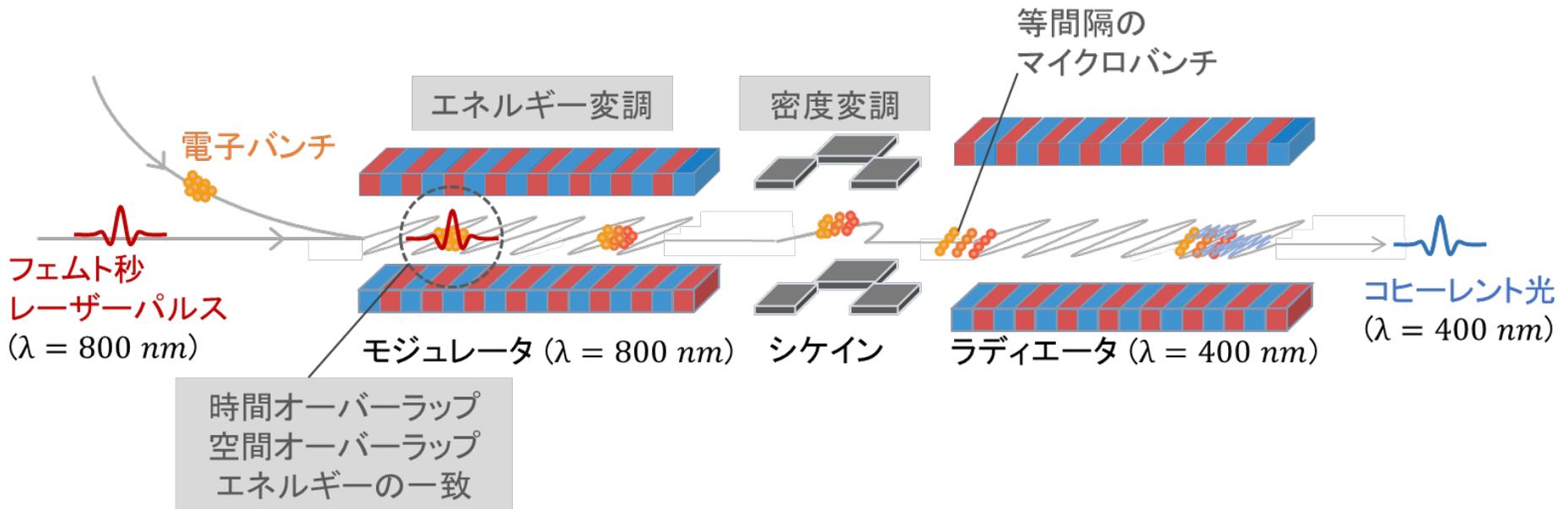
50

Δt のばらつき

14

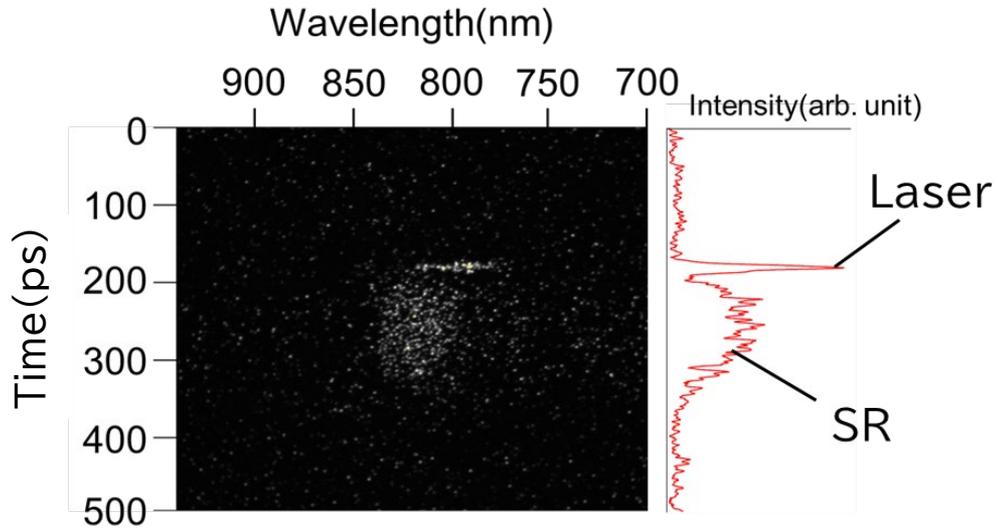
電子バンチ長に対して
十分小さい

レーザーシーディングへの応用



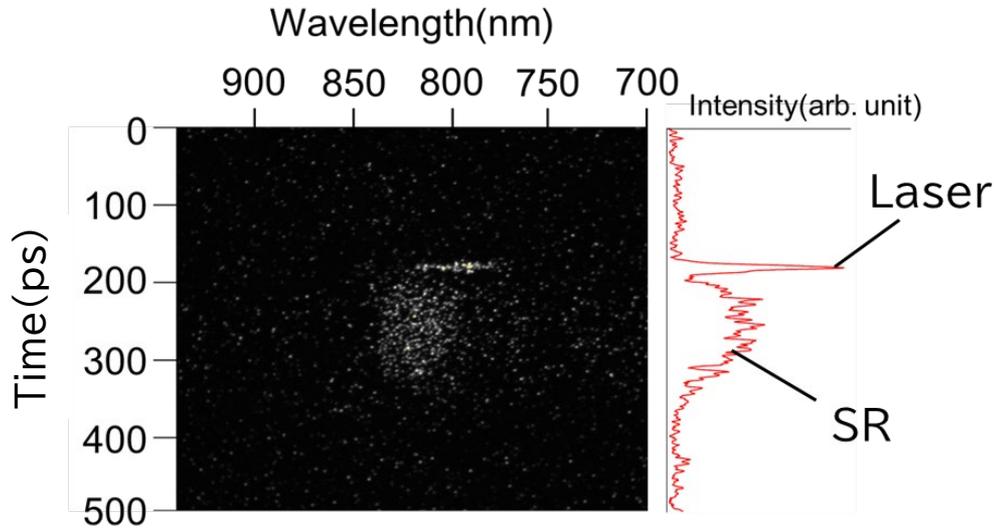
時間同期システムを用いた
フェムト秒パルスレーザーシーディング

レーザーシーディングへの応用：時間オーバーラップ

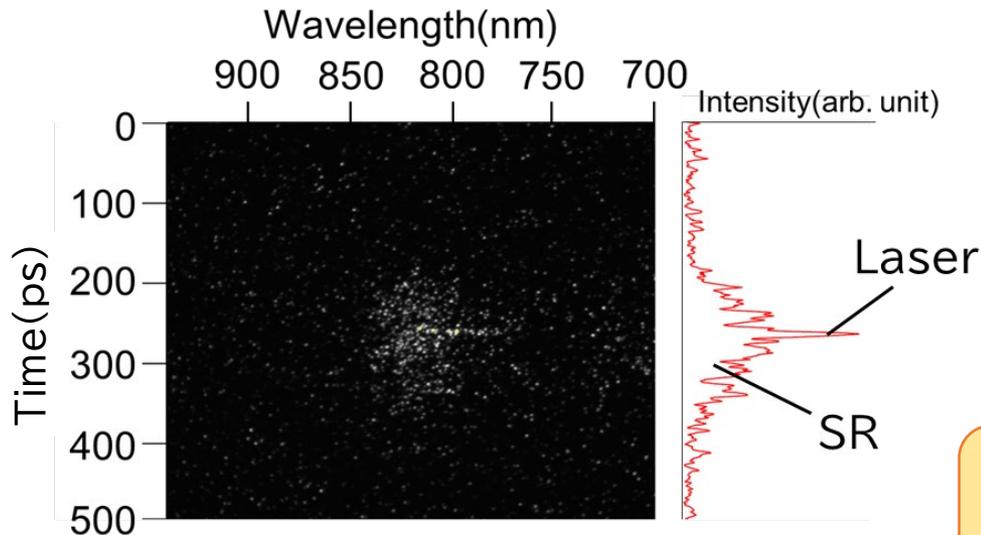


放射光とレーザーを
同一光電面上でモニター

レーザーシーディングへの応用：時間オーバーラップ



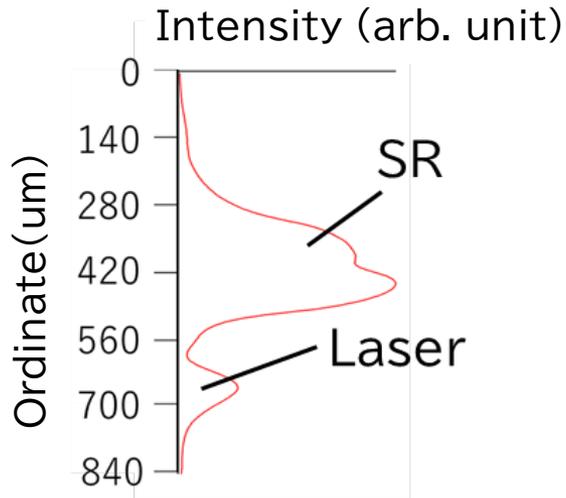
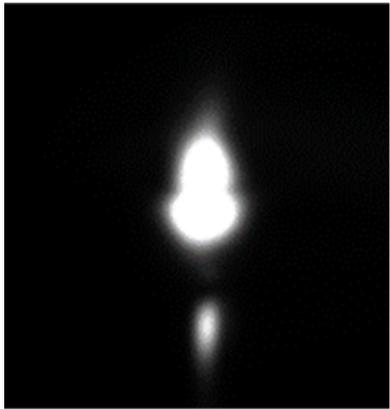
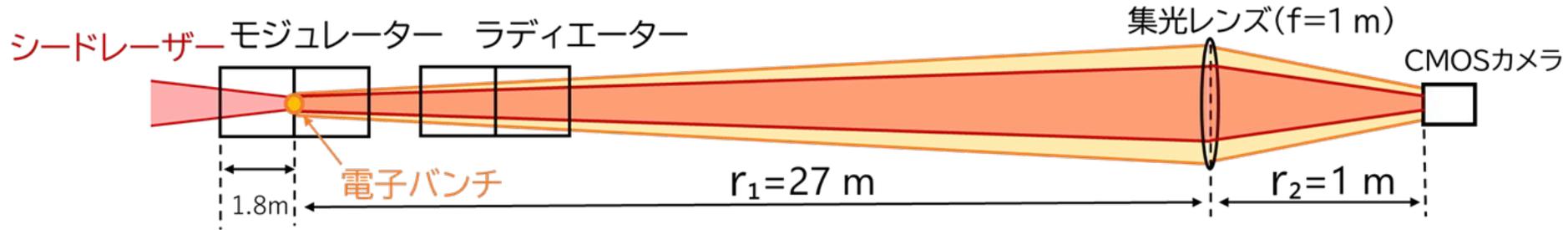
放射光とレーザーを
同一光電面上でモニター



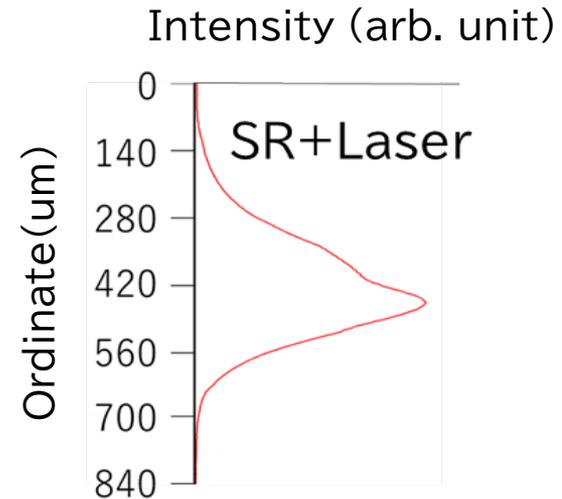
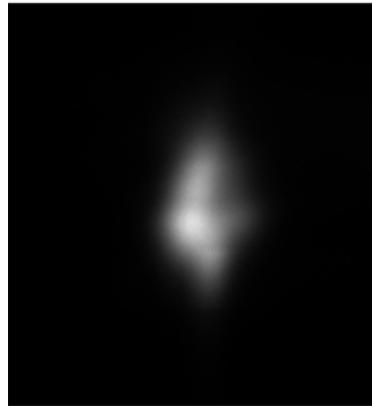
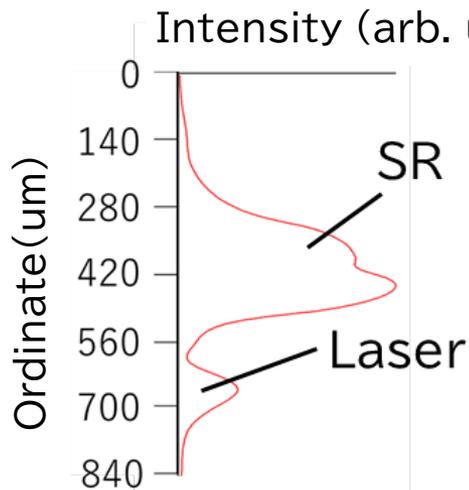
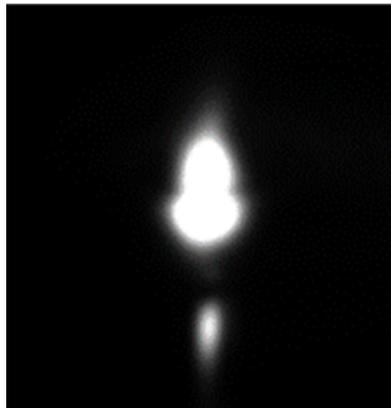
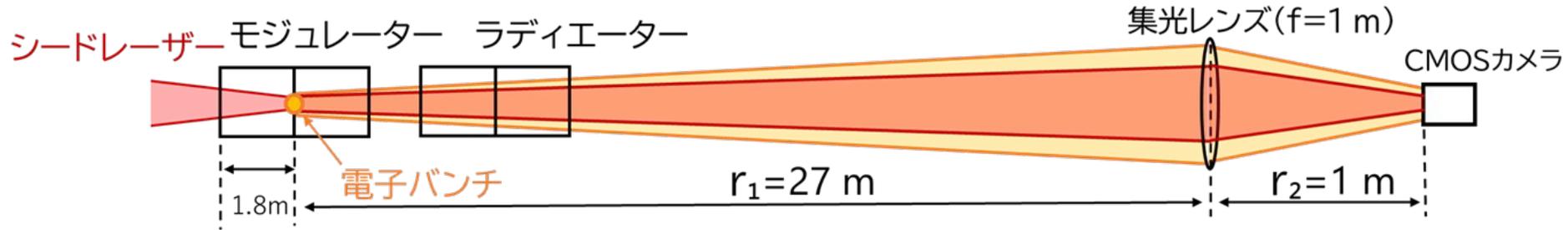
IQモジュールを用いて
オーバーラップの調整

同期精度 < 電子バンチ長
(~10 ps) (~80 ps)

レーザーシーディングへの応用：空間オーバーラップ



レーザーシーディングへの応用：空間オーバーラップ



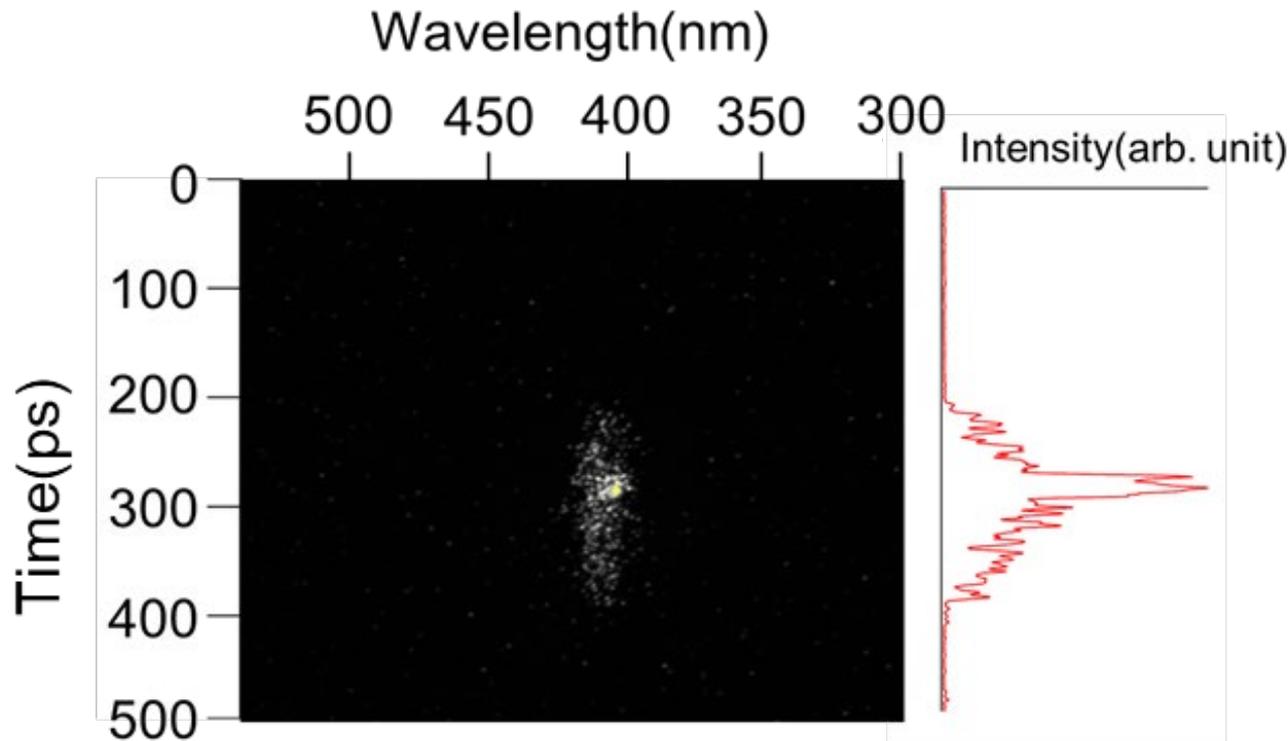
精度 ~ ビームサイズ
(~1 mm@モジュレーター)

レーザーシーディングへの応用：コヒーレント光発生

時空間オーバーラップ達成を確認後

ラディエータギャップを波長400 nm相当に設定

→ コヒーレント光の発生を確認

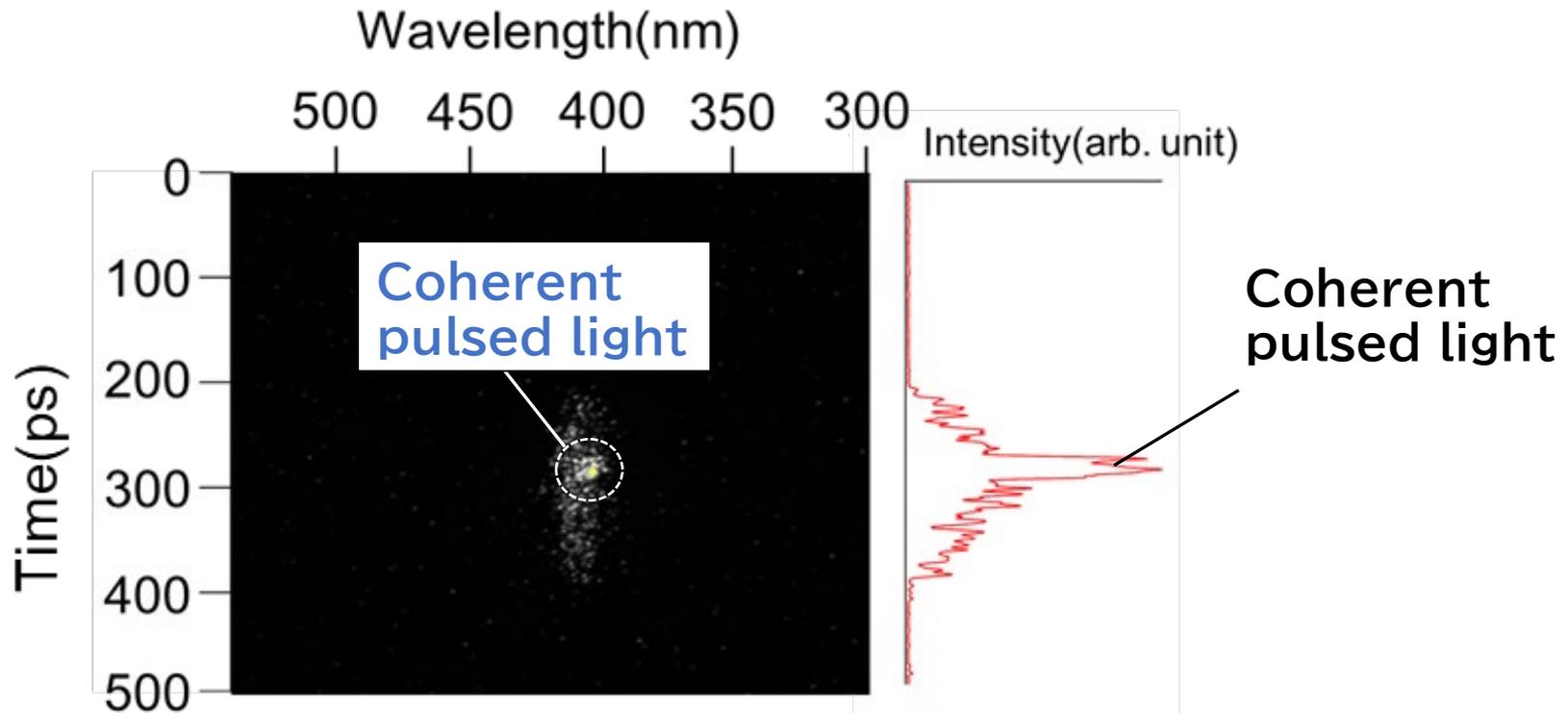


レーザーシーディングへの応用：コヒーレント光発生

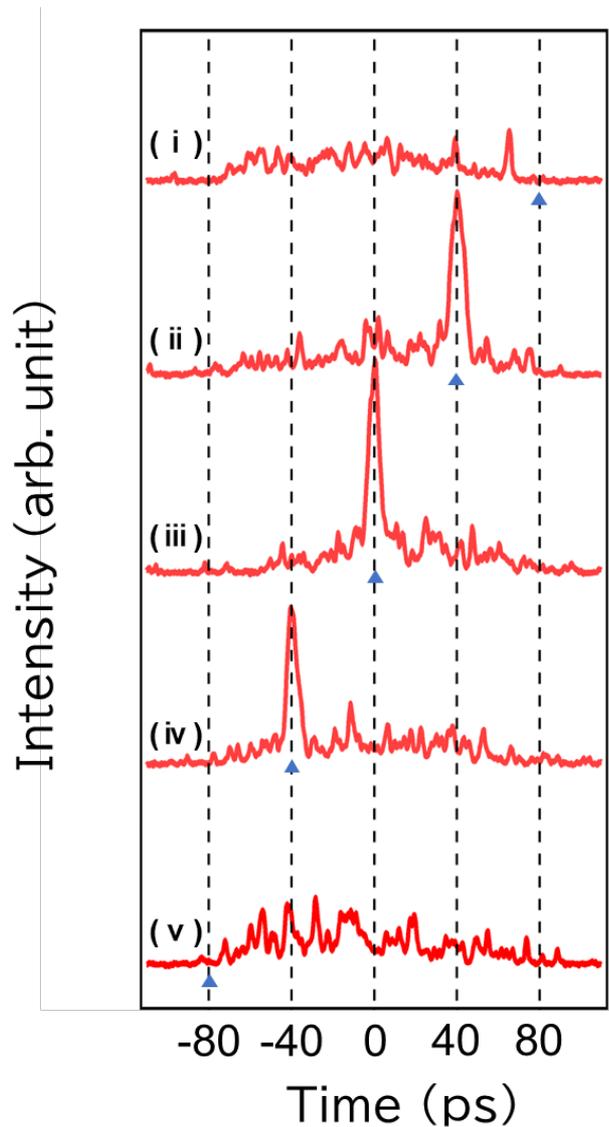
時空間オーバーラップ達成を確認後

ラディエータギャップを波長400 nm相当に設定

→ コヒーレント光の発生を確認



レーザーシーディングへの応用：コヒーレント光発生



フェムト秒パルスレーザー — 電子バンチ
間隔をステップ40 psで掃引

ピーク位置がレーザーのタイミングに
伴ってシフト、かつ、時間オーバーラップ
時のみ発生していることからレーザー
シーディングに起因することを確認

実際のコヒーレント光のパルス幅は
150 fs以下(相互相関器による評価)

まとめ

- ニュースバルにおいて、パルスレーザー(1 kHz)とシングルバンチ(2.5 MHz)のタイミングを合わせるための時間同期システムを開発した。
- 時間同期をモニターする方法としてストリークカメラを導入し、その特性を考慮した上で、同期精度は10 ps程度と評価できた。
- 時間同期システムを用いてレーザーシーディングを行った結果、コヒーレント光を安定に出力することができた。

ご清聴ありがとうございました

はじめに

- フェムト秒パルスレーザーシーディング

時間同期系

- 時間同期系の開発
- ストリークカメラによるモニター
- 同期精度の評価

レーザーシーディングへの応用

- 時間オーバーラップ
- 空間オーバーラップ
- コヒーレント光の発生