

入射器DC電子銃用 レーザータイミング変動の影響

2009年3月11日(水)14時～
第325回cERL入射器打ち合わせ
KEK 3号館7F会議室

高エネルギー加速器研究機構 放射光源研究系
宮島 司

計算の目的

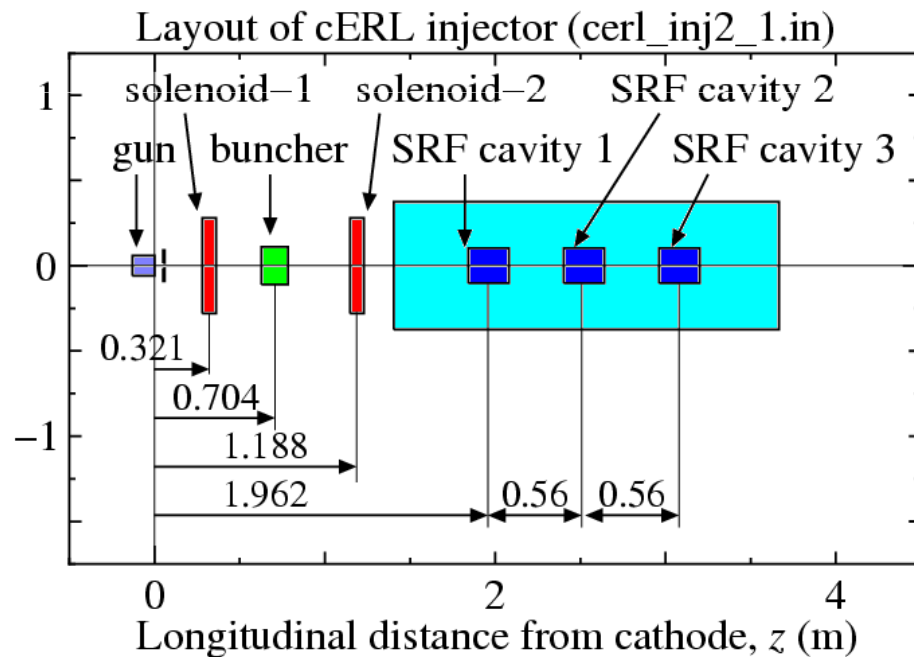
- DC電子銃用のレーザーのタイミングが、変動したときのビームの質への影響を調べる
- 計算のステップ
 1. 入射器超伝導空洞出口での計算(レーザータイミングの影響の評価)
 2. 合流部出口での計算(分散関数のある場所での影響の評価)
- ずれなしのレーザーのタイミングから、 $\pm 1\text{ps}$ で全てのRF空洞に位相オフセットがあると仮定して計算した(高エネルギーモード(8 MeV)の場合のみ)
- 合流部(分散関数あり)での影響(エネルギー拡がり、到達時間のずれ)を調べる(まだ、2009年3月6日)
- Elegantで合流部でのR56を計算し、超伝導入射器出口でのエネルギー変化量から、合流部出口での到達時間のずれを計算する(まだ、2009年3月6日)

計算方法(ステップ1)

- レーザーのタイミングの誤差がビームの質に与える影響を調べる
 - DC電子銃のレーザーのタイミングのずれ
 - レーザーのタイミングのずれは、RF空洞のところで影響がある(逆に、RF空洞がなければビームダイナミクス的には影響なし)
 - バンチャー空洞、超伝導空洞に到達する時間が一様に変化することに対応⇒位相が一様にずれることに相当
 - 与え方:バンチャー空洞と超伝導空洞3台に対して、同じ位相オフセットを与える
- $$\Delta\phi = \omega\Delta t = 2\pi f\Delta t$$
- 適正なレーザータイミングを中心として誤差を与える
 - タイミングの誤差:適正なタイミングから±1ps
 - GPTを用いて、空間電荷効果を含んだトラッキングを行う
 - 空洞出口(カソード面から 4.5 mの位置)まで計算
 - 計算する物理量:
 - 規格化エミッタンス
 - rmsビームサイズ
 - rmsバンチ長
 - 運動エネルギー
 - rmsエネルギー拡がり
 - 空洞出口までの到達時間

今回の計算

- ステップ1:カソード面から空洞出口まで
- バンチャー空洞、入射器超伝導空洞3台の影響を含む
- DC電子銃での加速電圧の誤差(それ以外のパラメタは固定)
- 出口でのビームエネルギー:8 MeV

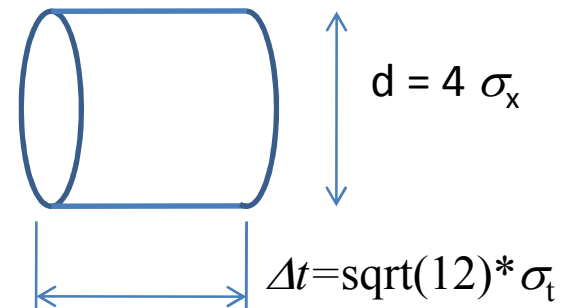


誤差を与えたパラメタ:1つ

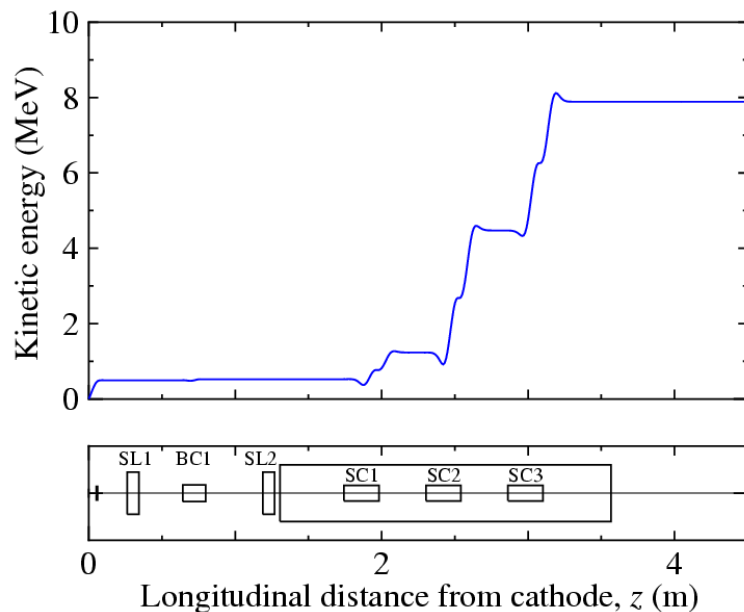
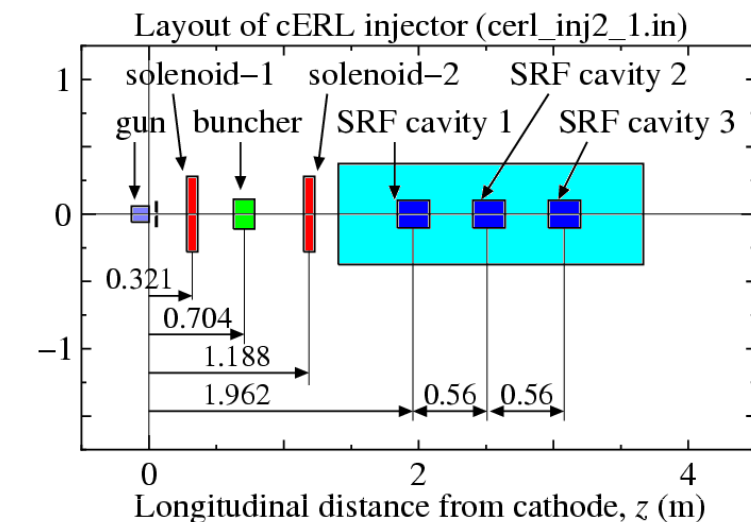
レーザーのタイミング(実際にはすべてのRF空洞に同じ位相オフセットを与える)

Z=4.5 mの位置で物理量を計算

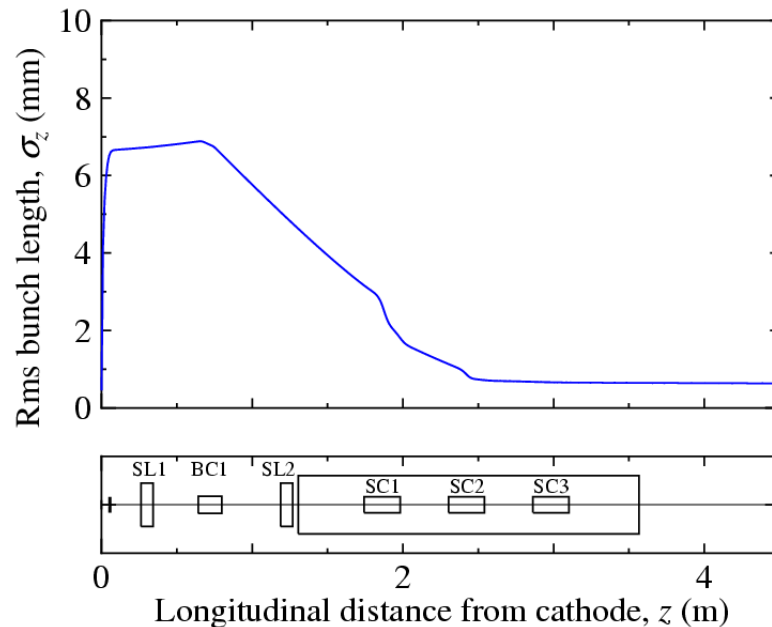
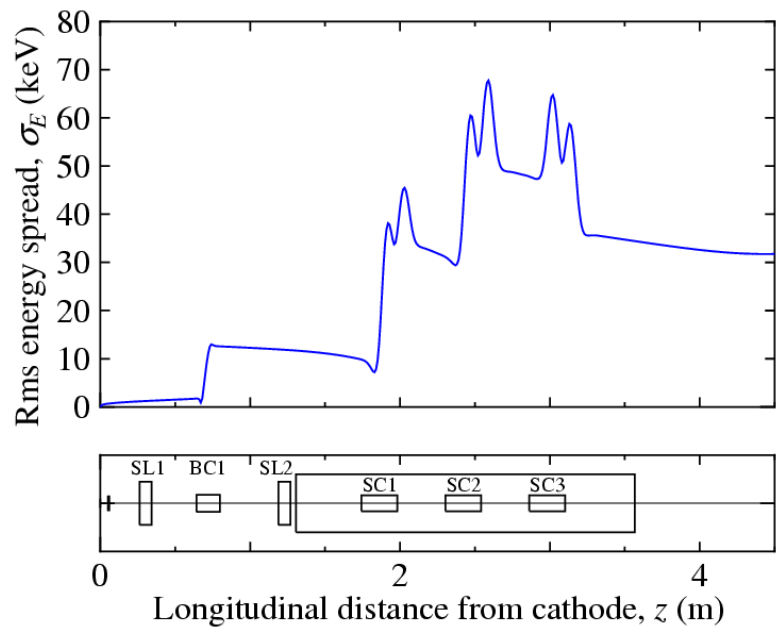
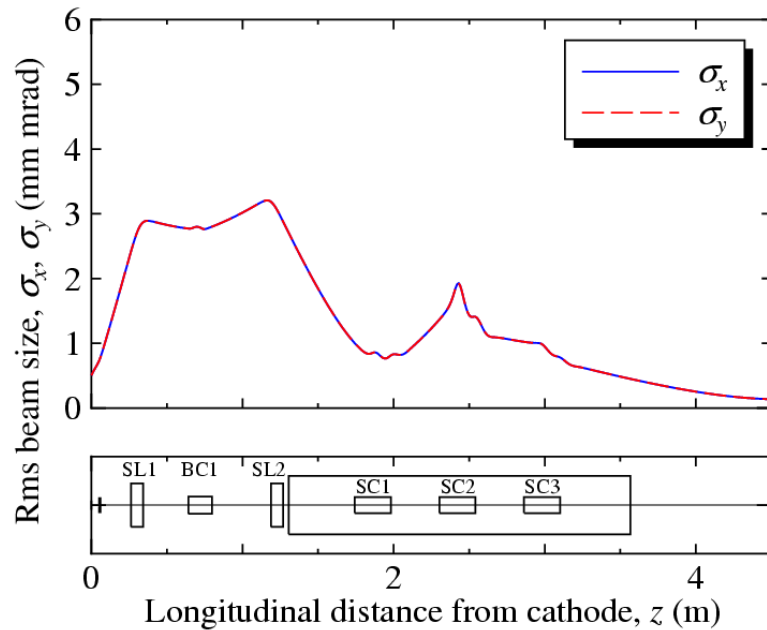
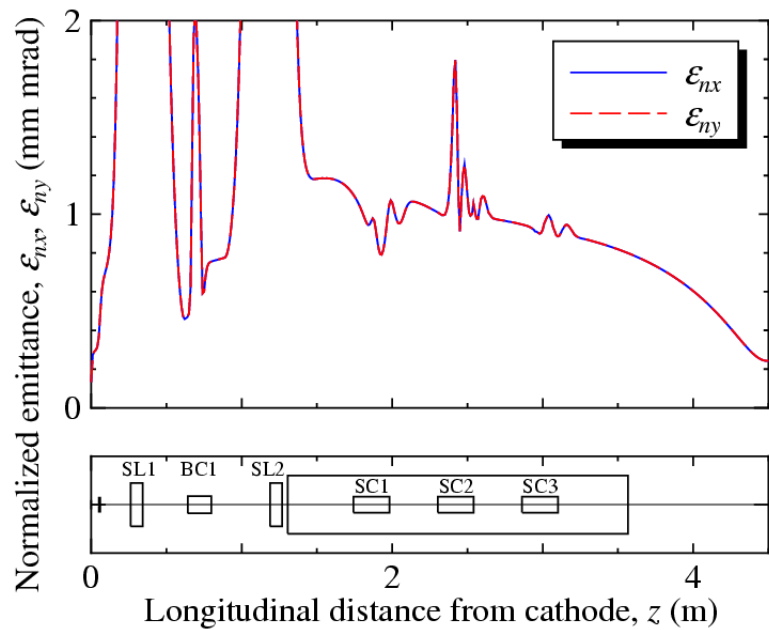
カソード表面での初期粒子分布:ピア缶



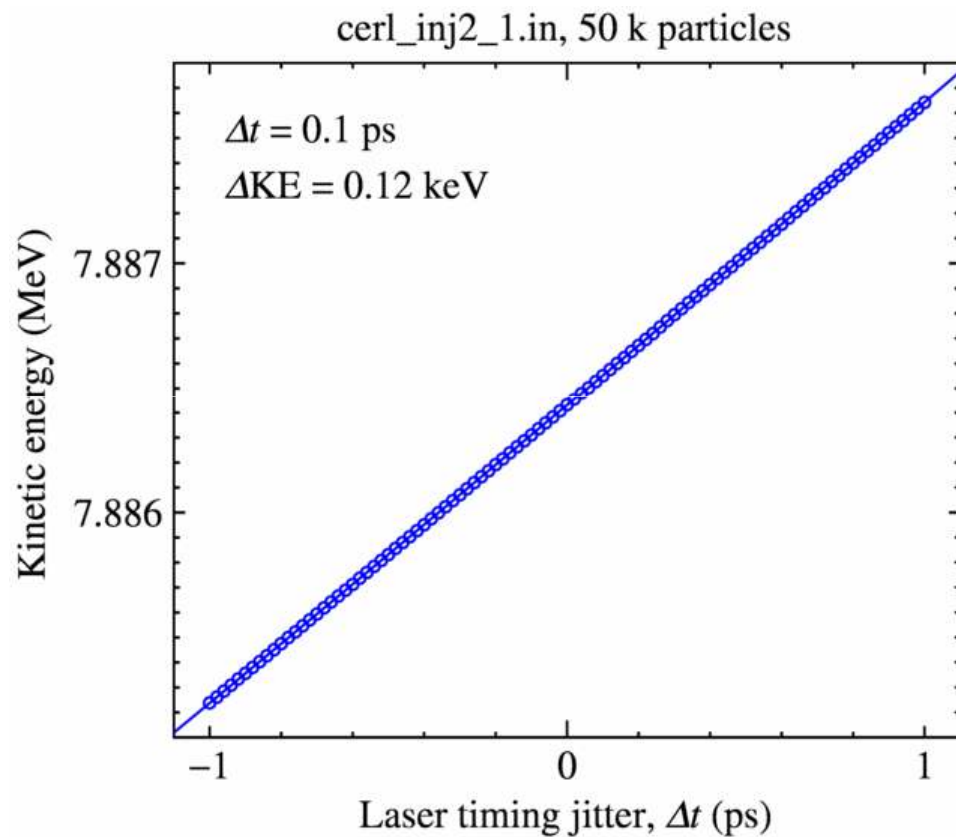
高エネルギーモード



- $\text{Max}(E_z) = 30 \text{ MV/m}$ に制限 (E_{acc} で 15 MV/m)
- バンチ電荷: -80 pC
- 粒子数: 50 k particles
- 空間電荷効果計算 (3d-mesh, CG)
- ビームサイズ: 0.503367 mm
- レーザーパルス長: 25.2024 ps
- ソレノイド1の磁場: 0.0370703 T
- ソレノイド2の磁場: 0.0297391 T
- バンチャー空洞の加速電場: 1.25906 MV/m
- 1番目SRFの加速電場: 8.1881 MV/m
- 2番目SRFの加速電場: 29.99 MV/m
- 3番目SRFの加速電場: 30.0 MV/m
- バンチャー空洞の位相: -89.801度
- 1番目SRFの位相: -39.8224度
- 2番目SRFの位相: -16.5836度
- 3番目SRFの位相: 9.81271度
- ソレノイド1の中心位置: 0.321 m
- ソレノイド2の中心位置: 0.704 m
- バンチャー空洞の中心位置: 1.128 m



レーザータイミングの誤差(1) 運動エネルギー

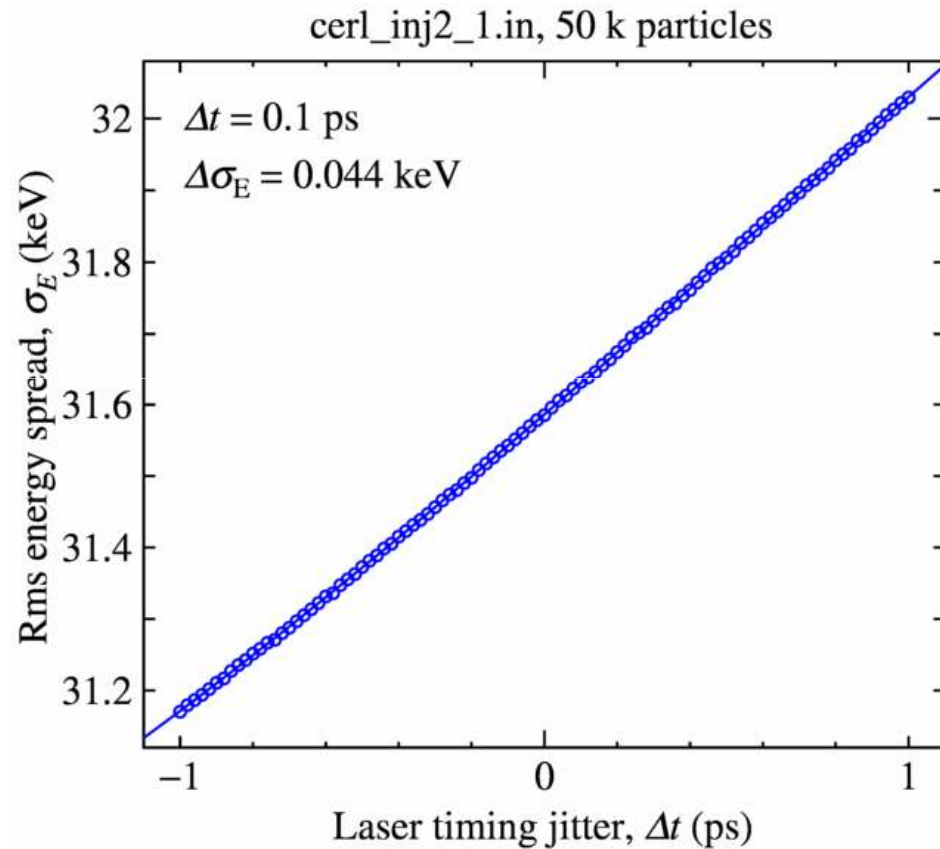


$\Delta t = 0.1$ ps

- 0.12 keV / 7.89 MeV (0.0015 %)

レーザータイミングの誤差(2)

rmsエネルギー拡がり

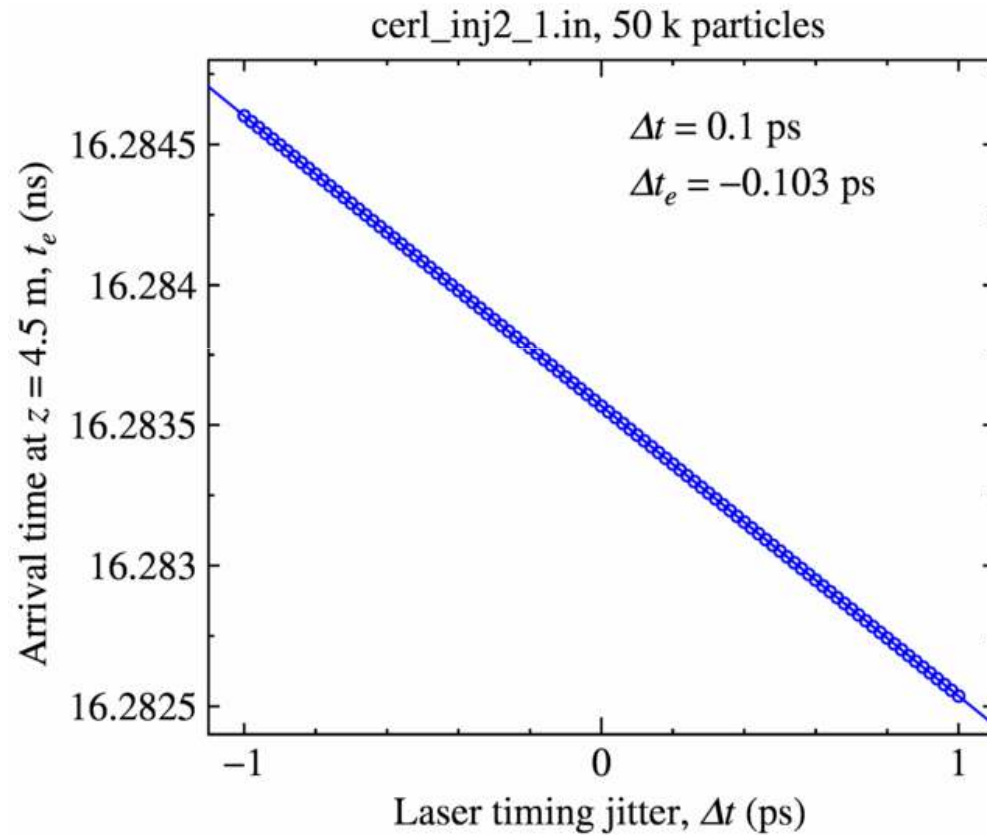


$\Delta t = 0.1$ ps

- 0.044 keV / 31.6 keV (0.139 %)

レーザータイミングの誤差(3)

$z = 4.5$ mまでの到達時間

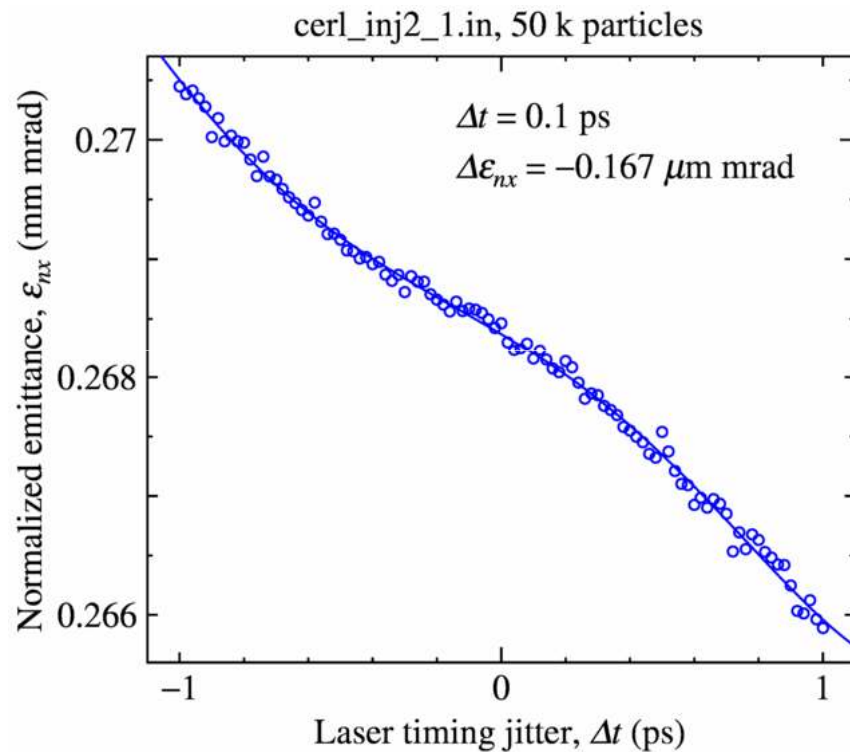


- $\Delta t = 0.1$ ps
- -0.103 ps (-0.048 degree)

レーザータイミングの誤差(4)

規格化rmsエミッタンス

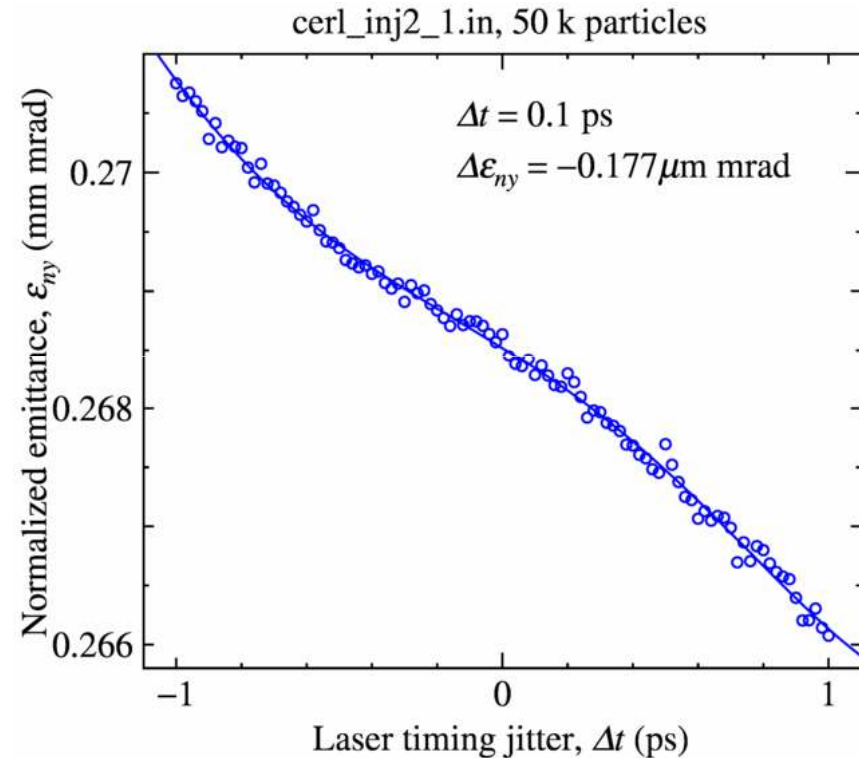
水平方向



$\Delta t = 0.1$ ps

- $-0.167 \mu\text{m rad} / 0.268 \text{ mm mrad} (-0.062\%)$

垂直方向



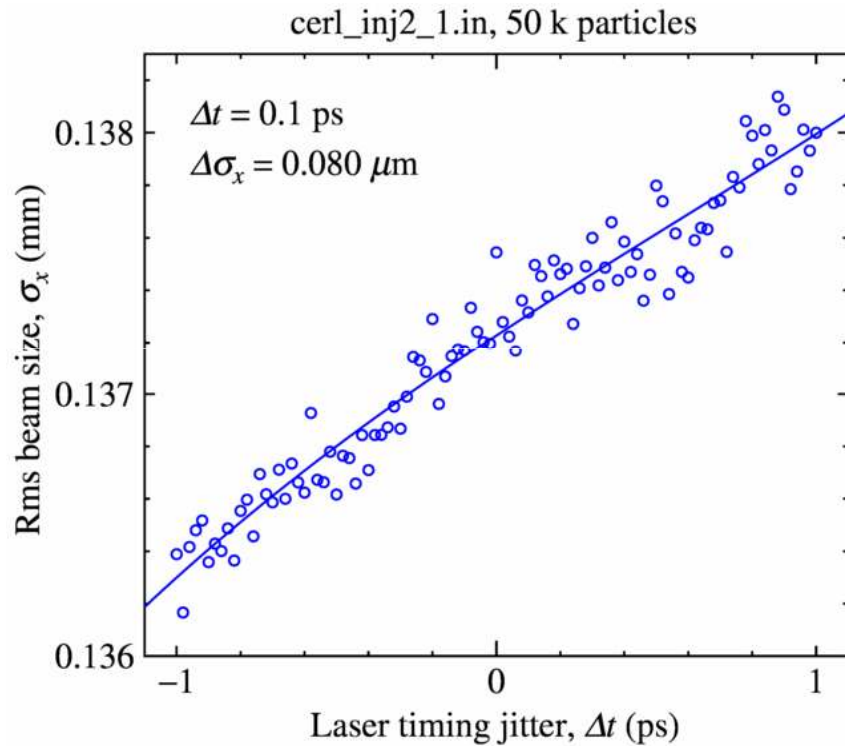
$\Delta t = 0.1$ ps

- $-0.177 \mu\text{m rad} / 0.268 \text{ mm mrad} (-0.066\%)$

レーザータイミングの誤差(5)

rms水平方向ビームサイズ

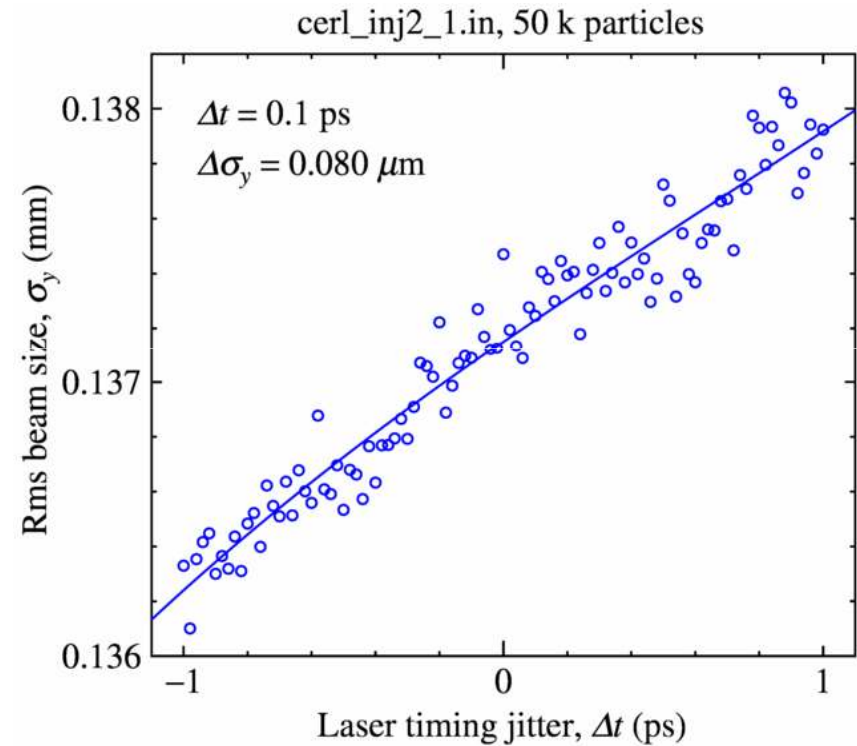
水平方向



$\Delta t = 0.1$ ps

- $0.08 \mu\text{m} / 0.137 \text{ mm}$ (0.058 %)

垂直方向

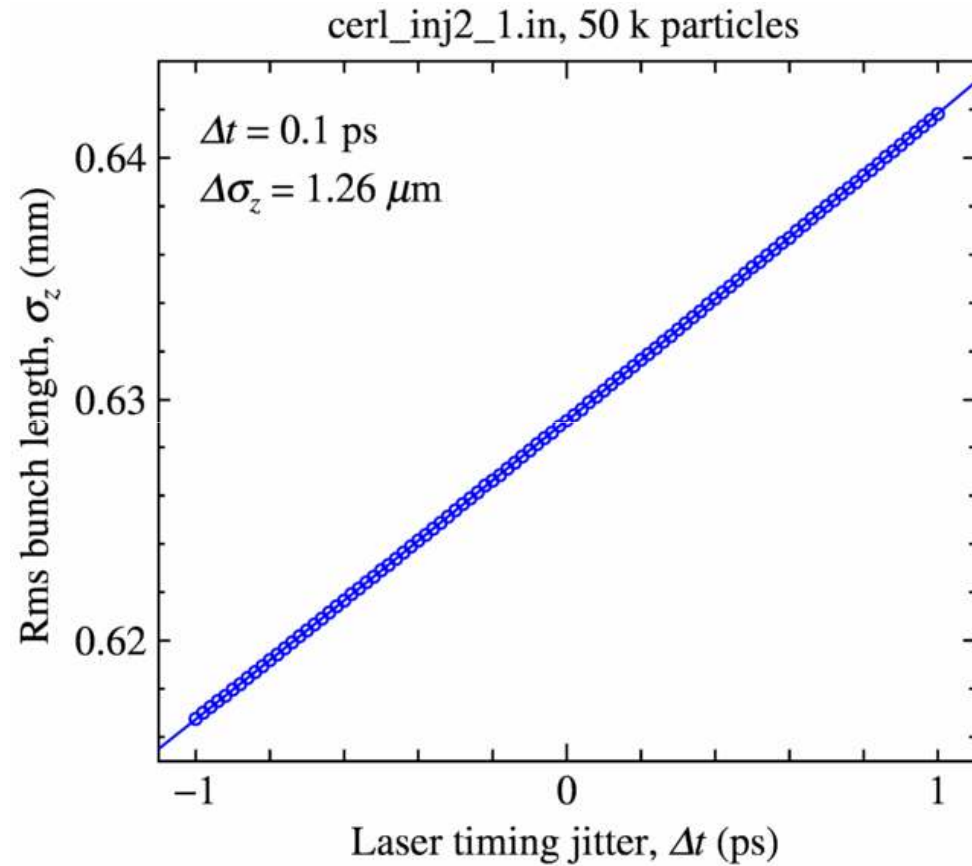


$\Delta t = 0.1$ ps

- $0.08 \mu\text{m} / 0.137 \text{ mm}$ (0.058 %)

レーザータイミングの誤差(6)

rmsバンチ長



$\Delta t = 0.1 \text{ ps}$

- $1.26 \text{ } \mu\text{m} / 0.629 \text{ mm} (0.20 \%)$

まとめ

レーザータイミングの誤差

- レーザータイミングの誤差の影響 (0.1ps のタイミングのずれを与えた場合)
- エネルギー拡がりやバンチ長の変化量が大きめ:バンチャーに入るタイミングの影響か

	レーザータイミングの誤差の影響
タイミングの変化, Δt (ps)	0.1 ps
運動エネルギーの変化	0.12 keV / 7.89 MeV (0.0015 %)
エネルギー拡がりの変化	0.044 keV / 31.6 keV (0.139 %)
到達時間の変化	-0.103 ps (-0.048 degree)
規格化エミッタンスの変化	水平方向: -0.167 $\mu\text{m rad}$ / 0.268 mm mrad (-0.062%) 垂直方向: -0.177 $\mu\text{m rad}$ / 0.268 mm mrad (-0.066%)
Rmsビームサイズの変化	水平方向: 0.08 μm / 0.137 mm (0.058 %) 垂直方向: 0.08 μm / 0.137 mm (0.058 %)
バンチ長の変化	1.26 μm / 0.629 mm (0.20 %)

0.1ps程度では影響は小さそう。1psではこれの10倍と考えてよい