

合流部における CSR効果

羽島 良一

2008年2月20日

ERL—BD WG

電子エネルギーが低い時のCSR

波長 > バンチ長 の臨界波長

$$\omega_{c-csr} = \frac{\pi c}{\sigma_z}, \quad \lambda_{c-csr} = 2\sigma_z$$

$$\lambda_{c-csr} = 2\sigma_z \sim 1 \text{ mm}$$

バンチ長 2 ps (rms) とした

シンクロトロン放射光の臨界波長

$$\omega_c = \frac{3c\gamma^3}{2\rho}, \quad \lambda_c = \frac{4\pi\rho}{3\gamma^3}$$

$$\lambda_c \sim 3 \text{ mm} \quad \text{for 5 MeV}$$

$$\lambda_c \sim 0.5 \text{ mm} \quad \text{for 10 MeV}$$

軌道半径 1m とした

真空ダクトによる遮蔽の臨界波長

$$\omega_{cut-off} = \pi c \sqrt{\frac{\rho}{h^3}}, \quad \lambda_{cut-off} = 2\sqrt{\frac{h^3}{\rho}} \quad \lambda_{cut-off} \sim 20 \text{ mm}$$

h=50 mm とした

CSR が顕著に現れる条件

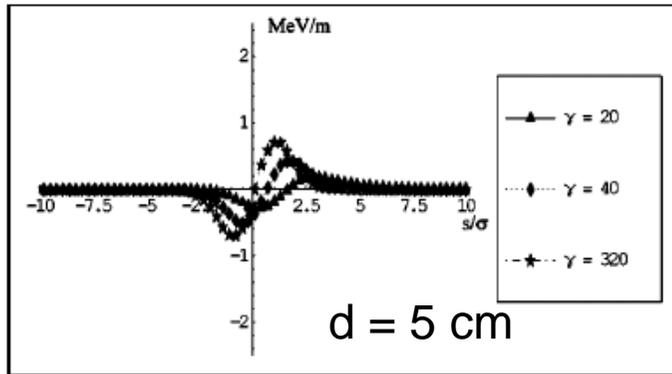
$$\lambda_c < \lambda_{c-csr} < \lambda < \lambda_{cut-off}$$

電子エネルギーが低い場合、

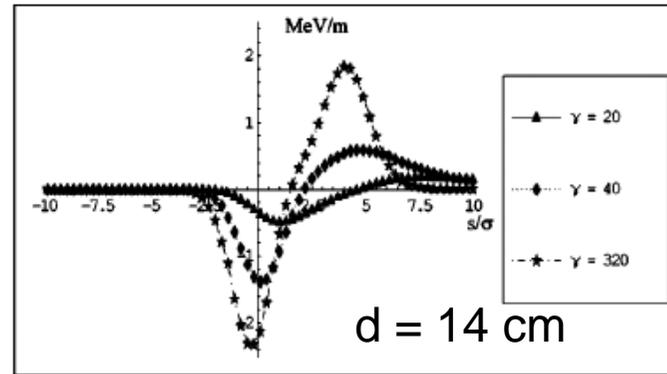
$\lambda_c < \lambda_{c-csr}$ の条件が満たされない

低エネルギー電子のCSRを扱った論文

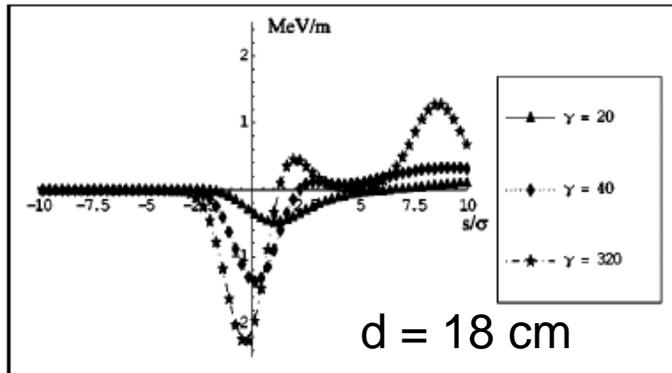
G. Geloni et al., Phys. Rev. E65, 066504 (2002).



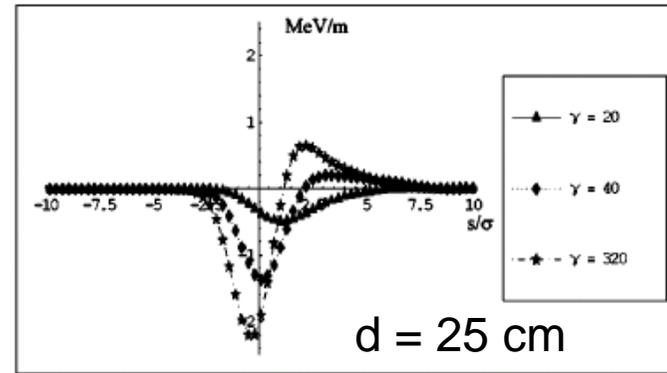
(a)



(b)



(c)



(d)

$\sigma=50 \mu\text{m}$, $Q=1 \text{ nC}$, $\rho=1.5 \text{ m}$, $\gamma=20, 40, 320$

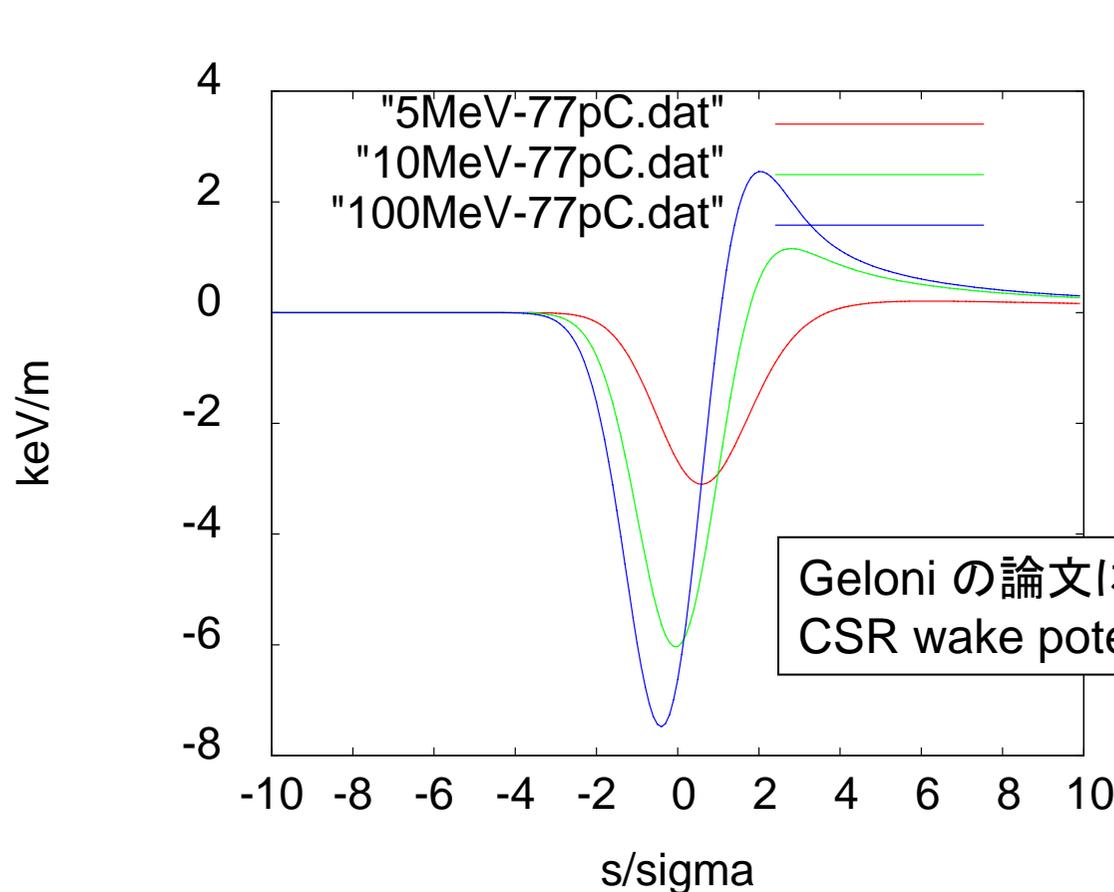
磁石入り口からの距離

$d = 5, 14, 18, 25 \text{ cm}$

合流部CSRの計算

$\sigma_t=2$ ps, $Q=77$ pC, $\rho=1$ m, 偏向磁石入り口から 0.5 m 位置

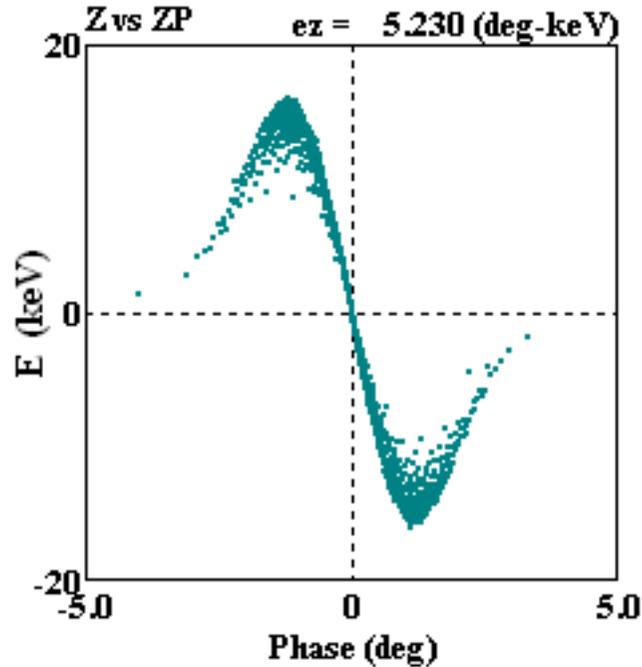
$$\langle \delta \rangle = -\frac{3^{1/6} [\Gamma(2/3)]^2}{2\pi} \frac{r_e Q L_b}{e\gamma(\rho^2 \sigma^4)^{1/3}} \simeq -0.3505 \frac{r_e Q L_b}{e\gamma(\rho^2 \sigma^4)^{1/3}}$$



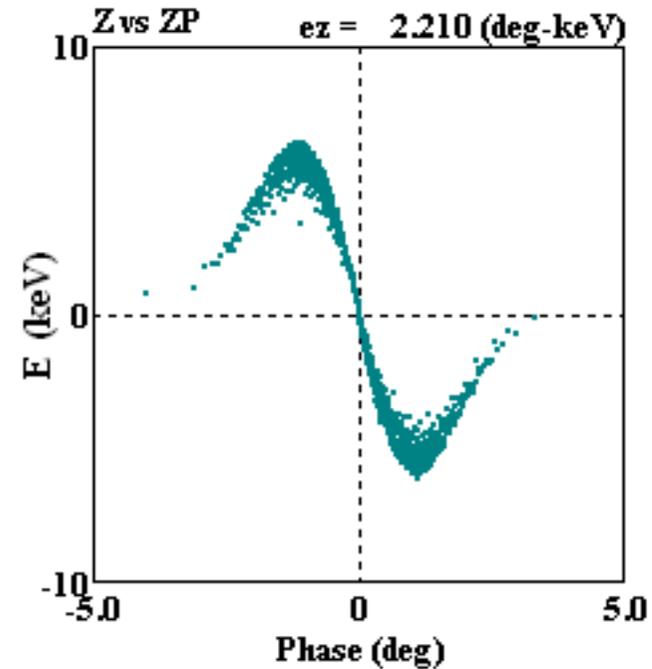
↑
 $\gamma \gg 1$ の式から求めた
 CSR によるエネルギー
 損失の平均値は
 $\langle \delta \rangle \gamma = 4.8$ keV/m

Geloni の論文に従って計算した
 CSR wake potential

縦方向空間電荷のポテンシャル



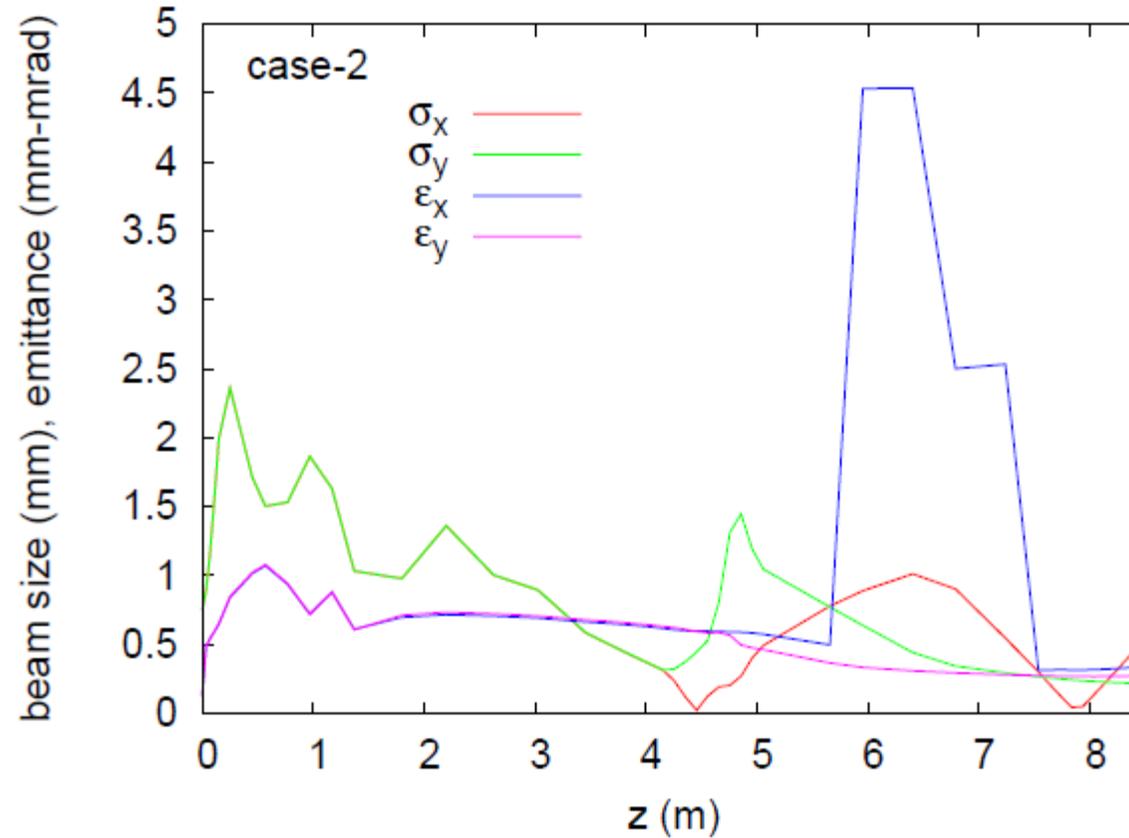
縦方向分布=Gaussian
5 MeV, 2 ps, 77 pC, $\sigma_x=0.5$ mm
1 m のドリフト後の縦方向位相分布



縦方向分布=Gaussian
10 MeV, 2 ps, 77 pC, $\sigma_x=0.5$ mm
1 m のドリフト後の縦方向位相分布

縦方向空間電荷のポテンシャルは $\pm 5-15$ keV/m

合流部の設計例(合流角度12度)



合流角度12度の場合： 合流部の長さ = 1.878 m、磁石長 = 0.976 m

合流部におけるCSRと縦方向空間電荷

CSR と縦方向空間電荷の wake potential を比較

wake potential のピークを代表値とした。

CSR は磁石入り口の過渡状態を無視し、全て定常状態を仮定した。

5 MeV, 2 ps, 77 pC	縦方向空間電荷	$\pm 15 \text{ keV/m} \times 2 \text{ m} = \pm 30 \text{ keV}$
	CSR	$- 3 \text{ keV/m} \times 1 \text{ m} = - 3 \text{ keV}$

10 MeV, 2 ps, 77 pC	縦方向空間電荷	$\pm 5 \text{ keV/m} \times 2 \text{ m} = \pm 10 \text{ keV}$
	CSR	$- 6 \text{ keV/m} \times 1 \text{ m} = - 6 \text{ keV}$

大雑把な見積もりであるが、

5 MeV では CSR \ll 縦方向空間電荷

10 MeV では CSR \sim 縦方向空間電荷

まとめ

- 一次元の wake potential で、合流部のCSR効果を見積もることができそうである
- 5 MeV では 縦方向空間電荷 \gg CSR
- 10 MeV では 縦方向空間電荷 \sim CSR
- より詳細な計算は、
 - 分散関数を計算して、エミッタンス増大の定量的な評価
 - wake potential を組み込んだ粒子追跡