

# cERL低エネルギー運転における 2色ビーム重なりによる影響

高エネルギー加速器研究機構

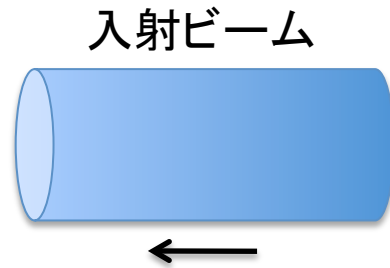
中村 典雄、島田美帆

2013年11月27日ビームダイナミクスWG打ち合せ

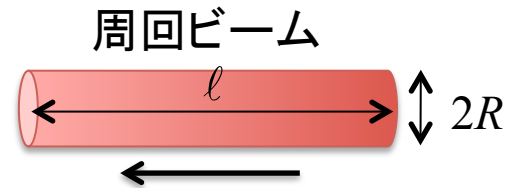
# 動機と目的

- エネルギー回収を効率良く行うためには、主空洞で加速・減速ビームのRF位相差を $180^\circ$ にする必要がある。
- 加速・減速ビームの運動量比6:1の場合、周回エネルギーが17.4MeV以下で、入射ビームは周回ビームに追い抜かれ、一時的に重なり合う(あるいは隣り合う)ことになる。
- この時に、周回ビームの入射ビームに与える影響を評価する。

# 空間電荷力



$$E_{inj} = 3.37 \text{ MeV}, \gamma_{inj} = 6.59726, \beta_{inj} = 0.988445$$



$$E = 20 \text{ MeV}, \gamma = 39.1389, \beta = 0.999674$$

## 周回ビームの電磁場とローレンツ力

$$E_r = \frac{\rho}{2\epsilon_0} r \quad (r < R) \qquad B_\phi = \frac{\rho\beta}{2\epsilon_0 c} r \quad (r < R)$$

$$= \frac{\rho R^2}{2\epsilon_0} \frac{1}{r} \quad (r \geq R) \qquad = \frac{\rho\beta R^2}{2\epsilon_0 c} \frac{1}{r} \quad (r \geq R)$$

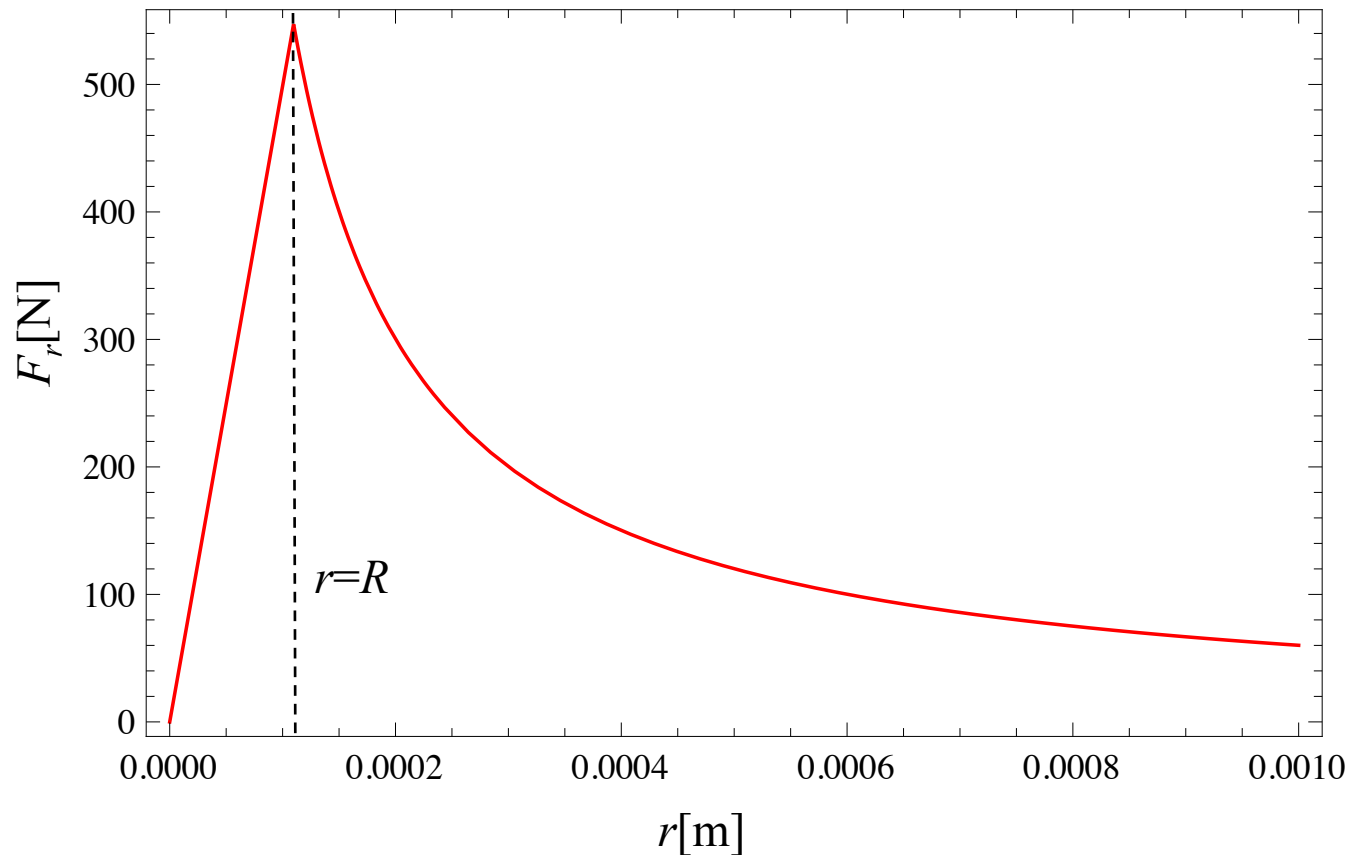
$$F_\perp = e(E_r - \beta c B_\phi) = \frac{e\rho}{2\epsilon_0 \gamma^2} r \quad (r < R)$$

$$= \frac{e\rho R^2}{2\epsilon_0 \gamma^2} \frac{1}{r} \quad (r \geq R)$$

# 空間電荷力の分布

$$\varepsilon_{nx,ny} = 0.3 \text{ mm} \cdot \text{mrad}, \beta_{x,y} = 1 \text{ m}, R = \sqrt{\pi \varepsilon_{nx,ny} \beta_{x,y} / \beta \gamma / 2} = 0.11 \text{ mm}$$

$$Q = 7.7 \text{ pC}, \ell (= \sqrt{2\pi\sigma_z}) = 1.5 \text{ mm}, \rho = Q / \pi R^2 \ell = 0.135 \text{ C/m}^3$$



# 偏向角の計算

2ビームが重なり合う(近接する)時間

$$\Delta t = \frac{L}{c\beta - c\beta_{inj}} = 4.5 \times 10^{-10} \text{ sec}$$

空間電荷力による横方向運動量の増加(最大値)

$$\Delta p_{\perp} = F_{\perp} \Delta t \sim \frac{e\rho}{2\varepsilon_0\gamma^2} R \Delta t \quad (r = R)$$

20MeVビームの空間電荷力による3.37MeVビーム偏向角(最大値)

$$\theta_{\perp} = \frac{\Delta p_{\perp}}{p} = 2.2 \times 10^{-5} \text{ rad} < \sigma'_{x,y} \equiv \sqrt{\frac{\varepsilon_{nx,ny}}{\beta_{x,y}\beta\gamma}} = 8.8 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

$$\left( \theta_{\perp} / \sigma'_{x,y} = 0.25, \sigma'_{x,y}{}^{eff} \equiv \sqrt{\sigma'_{x,y}{}^2 + \theta_{\perp}^2} = 1.03 \sigma'_{x,y} \right)$$

偏向角よりも初期エミッタンスによる角度発散 $\sigma'_{x,y}$ の方が大きい。

注1)  $E=17.4\text{MeV}$ ,  $E_{inj}=2.94\text{MeV}$ でも2つの角度比はほとんど変わらない。

注2) この評価では2つの角度比はベータトロン関数には依存しない。

# まとめ

- 低エネルギービーム(入射ビーム)が高エネルギービーム(加速・周回ビーム)から受ける空間電荷力を計算して、それによる最大偏向角を評価した。
- 7.7pC/bunchでの最大偏向角は、入射ビームの初期エミッタンスの角度発散よりも小さい。ただ、さらに電荷が増えると無視できなくなる。
- クーロン散乱による影響は小さいと予想される。
- 2ビームの横方向位置をずらせると、その影響を低減できる。