

# SuperKEKB入射器における ビーム位相空間ジッタと有効エミッタンス

清宮 裕史, 佐藤 政則, 飯田 直子, 紙谷 琢也

WEP002

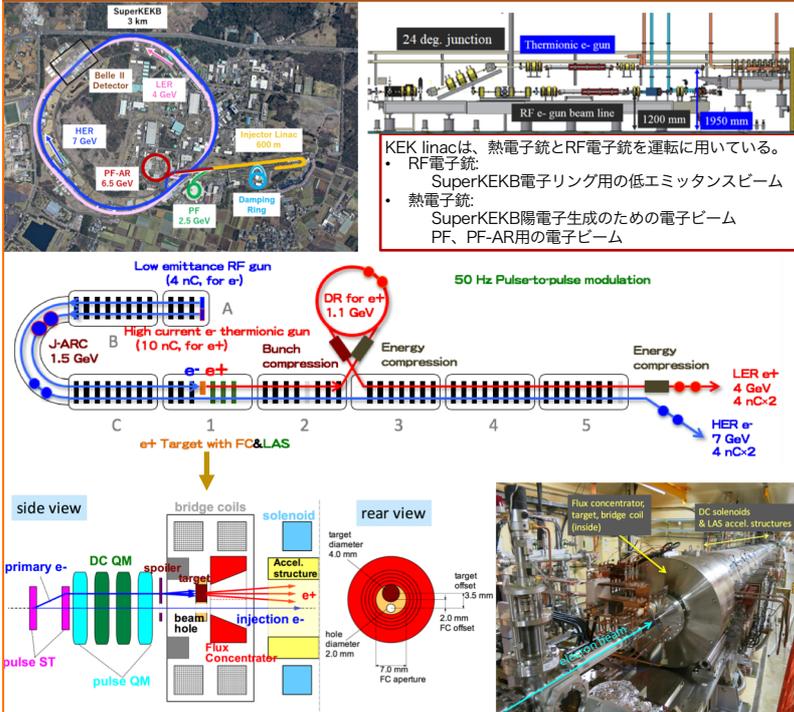
## 要旨

- SuperKEKBリングには、安定で高電荷の低エミッタンスビームが不可欠である。
- MRへの輸送ビームは、ビームの位相空間ジッタを含めたエミッタンス(有効エミッタンス)がMRアクセプタンスに収まる程度に安定でなければならない。
- ビーム位相空間ジッタが有効エミッタンスに及ぼす影響と、ビーム位相空間ジッタの原因調査を行った。

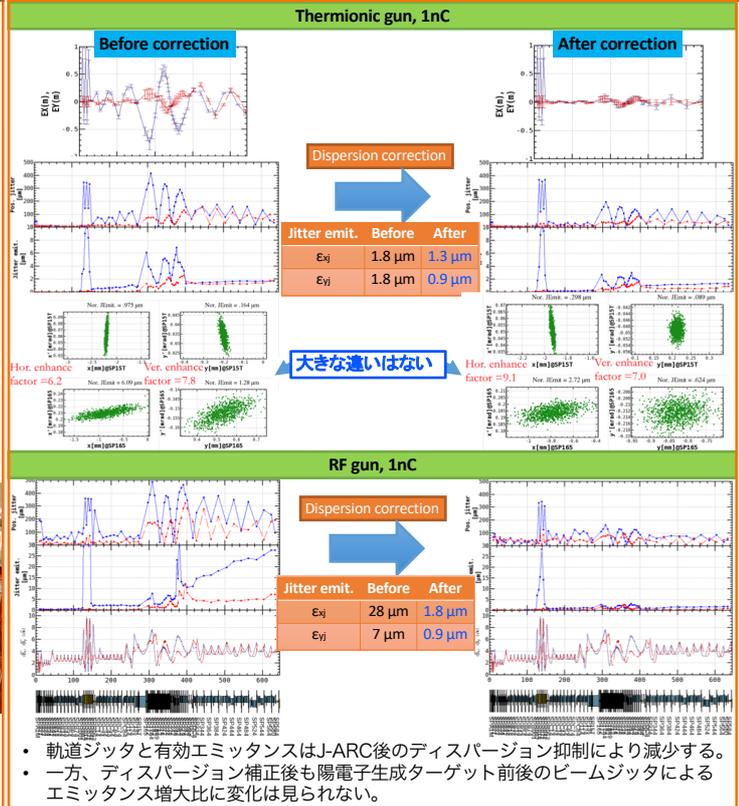
## 結論

- ビーム位相空間ジッタと有効エミッタンスはディスページョン漏れが一因であった。
- ディスページョンの漏れに依らず、陽電子生成ターゲット前後のビームジッタによるエミッタンス増大比に変化は見られない。
- ビームジッタ源としてターゲット孔によるwake fieldの影響が疑わしいが、シミュレーションでは無視できるほど小さい。
- 今秋、異なるサイズのターゲット孔のあるダミーターゲットによって、wakeの影響を実測する予定である。

## SuperKEKB injector linac



## Dispersion suppression effect



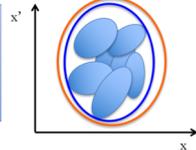
## Requirement to LINAC for SuperKEKB

- 低エミッタンスかつ高電荷で安定なビームがSuperKEKBに不可欠。
- MRへの輸送ビームは、ビームの位相空間ジッタを含めたエミッタンス(有効エミッタンス)がMRアクセプタンスに収まる程度に安定でなければならない。

SuperKEKB入射電子ビームへの要求

	H/V nor. emittance (μm)	Charge (nC)	Energy spread (σ)
Phase 2	150/150	1	0.1%
Phase 3 (goal)	40/20	4	0.07%

MR acceptance Effective emittance



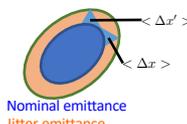
## Effective emittance and jitter emittance

- 2つのBPMのビーム位置とBPM間の転送行列が分かれば、ビーム角度を求めることができる。位置と角度を用いて、有効エミッタンスは以下のよう表現される。

$$\epsilon_{eff} = \sqrt{\langle (x + \Delta x)^2 \rangle \langle (x' + \Delta x')^2 \rangle - \langle (x + \Delta x)(x' + \Delta x') \rangle^2}$$

- ビームジッタと粒子の運動が独立であれば、

$$\begin{aligned} \epsilon_{eff} &= \sqrt{\epsilon_0^2 + \epsilon_j^2 + \epsilon_0 \langle \gamma_0 \langle \Delta x^2 \rangle + 2\alpha_0 \langle \Delta x \Delta x' \rangle + \beta_0 \langle \Delta x'^2 \rangle \rangle} \\ &= \sqrt{\epsilon_0^2 + \epsilon_j^2 + 2\epsilon_0 \epsilon_j \frac{\langle \gamma_0 \beta - 2\alpha_0 \alpha + \beta_0 \gamma \rangle}{2}} \\ &= \sqrt{\epsilon_0^2 + \epsilon_j^2 + 2\epsilon_0 \epsilon_j B_{mag}} \end{aligned}$$



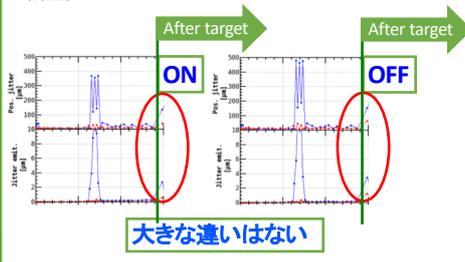
- B<sub>mag</sub>は、どの程度デザインと測定のTwissパラメータとがミスマッチしているかを表す量であり、必ず1以上の値となる。1に等しい場合、デザインにマッチしている。
- B<sub>mag</sub>=1ならば、有効エミッタンスは「通常のエミッタンス」と「ビームジッタによるエミッタンス増大」の単純な足し算になる。ε<sub>0</sub> + ε<sub>j</sub>。

$$B_{mag} = \frac{1}{2} (\beta_0 \gamma - 2\alpha_0 \alpha + \beta_0 \gamma) = \frac{1}{2} \left( \frac{\beta}{\beta_0} + \frac{\beta_0}{\beta} + \left( \alpha_0 \sqrt{\frac{\beta}{\beta_0}} - \alpha \sqrt{\frac{\beta_0}{\beta}} \right)^2 \right) \geq 1$$

## Beam jitter source investigation around positron generation target

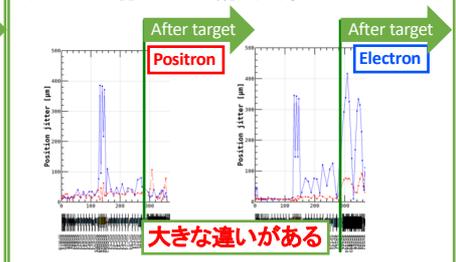
Flux concentrator, DCソレノイド、ブリッジコイル、パルス磁石、シケイン (ターゲット周辺機器) の影響

- 各装置の電源OFFもしくはタイミングを外すことで、ターゲット直後の軌道ジッタを比較し、増幅率、相関係数を算出。



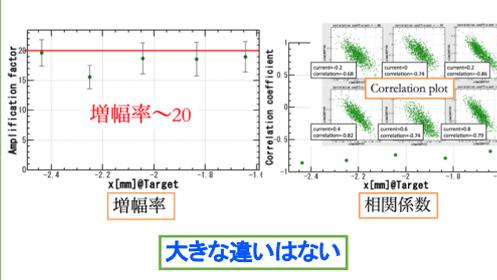
電子/陽電子ビームの軌道ジッタの比較

- 陽電子ビームは電子ビームがターゲットに衝突した際に生成されるため、ターゲット孔を通らない。
- 陽電子の軌道ジッタは電子と比べて小さい。
- ターゲット孔のwakeが疑われる。



## ターゲット前後の軌道ジッタ増大因子と相関係数

- Wakeによってジッターが増大しているのであれば、ターゲットホールを通過する位置によってジッターが変化する。
- ターゲット前後の軌道ジッターを比較し、増幅率、相関係数を算出。
- ターゲットホールを通過する位置の依存性が見えない。wakeだとすると孔を中心としたV字型の依存性が見えるはず。



## ターゲット孔によるwakeの影響

- ターゲットholeが直径2mmと小さいことから、高次wakeの影響を調査。
- Longitudinal wakeはビームがターゲットholeを通過する位置によらない。
- Transverse wakeはおおよそ0.5mmから非線形に増加しているが、増幅率は1.1@1nC程度。
- 測定された増幅率 (~20) は説明できない。
- β増大や非ガウシアンビーム、加速管のwakeの影響が考えられる。

