

# KEK B-factory のアップグレード における Touschek 及び Beam-gas バックグラウンドの シミュレーション研究

東北大理 中野浩至

高工研<sup>A</sup>, 東大理<sup>B</sup>

山本均, 中山浩幸<sup>A</sup>, 原隆宜<sup>A</sup>, 岩崎昌子<sup>A</sup>,  
宇野彰二<sup>A</sup>, 金澤健一<sup>A</sup>, Karim Trabelsi<sup>A</sup>, 小磯晴代<sup>A</sup>,  
柴田恭<sup>A</sup>, 田中秀治<sup>A</sup>, 坪山透<sup>A</sup>, 幅淳二<sup>A</sup>, 船越義裕<sup>A</sup>,  
杉原進哉<sup>B</sup>, Clement Ng<sup>B</sup>, 他 Belle MDI Group

1  
KEK B-factory のアップグレード  
2  
における Touschek 及び  
Beam-gasバックグラウンドの  
3  
シミュレーション研究

東北大理 中野浩至

高工研<sup>A</sup>, 東大理<sup>B</sup>

山本均, 中山浩幸<sup>A</sup>, 原隆宜<sup>A</sup>, 岩崎昌子<sup>A</sup>,  
宇野彰二<sup>A</sup>, 金澤健一<sup>A</sup>, Karim Trabelsi<sup>A</sup>, 小磯晴代<sup>A</sup>,  
柴田恭<sup>A</sup>, 田中秀治<sup>A</sup>, 坪山透<sup>A</sup>, 幅淳二<sup>A</sup>, 船越義裕<sup>A</sup>,  
杉原伸哉<sup>B</sup>, Clement Ng<sup>B</sup>, 他 Belle MDI Group

4  
KEKBの  
シミュレーション  
結果

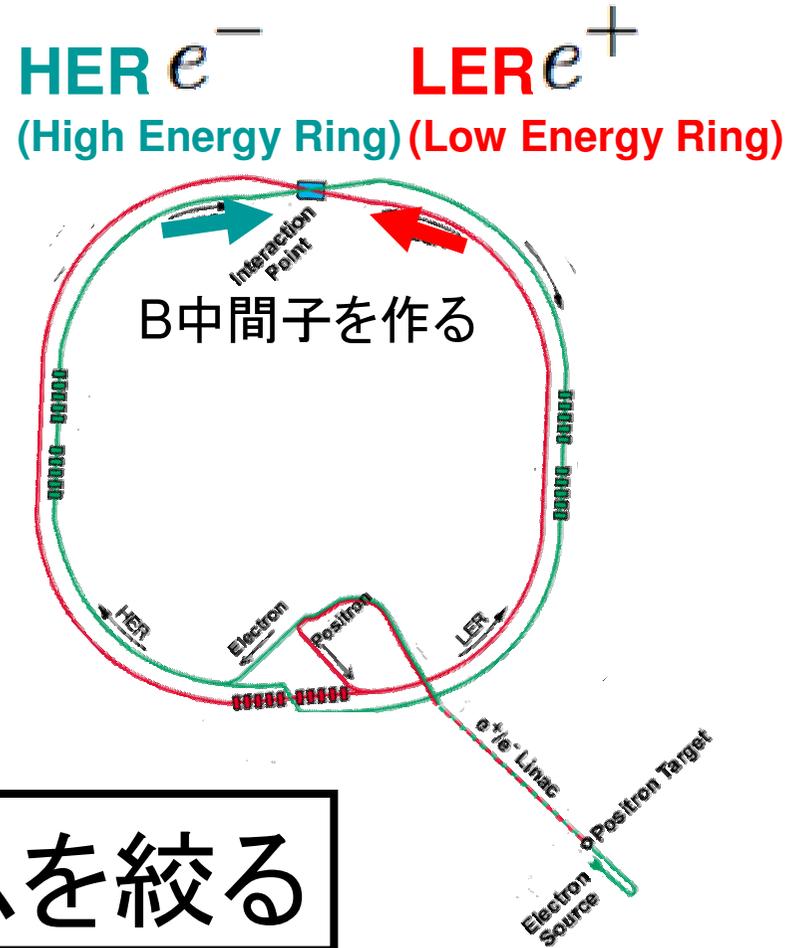
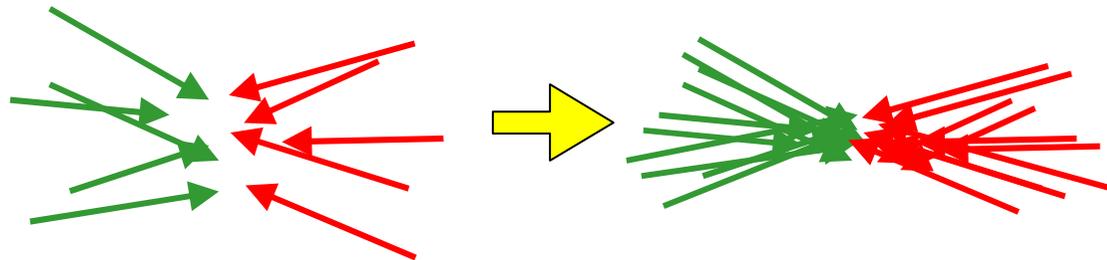
# KEK B-factory アップグレード

標準理論を超える物理に迫るため  
積分ルミノシティ  $50000\text{fb}^{-1}$  を目指す

1000 $\text{fb}^{-1}$ の50倍！

ルミノシティは電流に比例  
ビームサイズに反比例

ビームを増やす・ビームを絞る

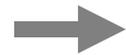


# アップグレードの内容

電流が、

1.2A (HER)

1.6A (LER)

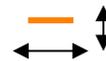
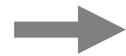


**2.6A**

**3.6A**

2倍以上！

衝突点ビームサイズ(水平方向x垂直方向)が、



147um x 0.94um (HER)

127um x 0.94um (LER)

**7.7um x 59nm**

**10um x 59nm**

縦・横ともに  
1/10 以下！

ルミノシティが  $2.1 \times 10^{34}$  [cm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>] から  
 **$80 \times 10^{34}$**  [cm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>] に！



”ビームバックグラウンド” が問題となってくる

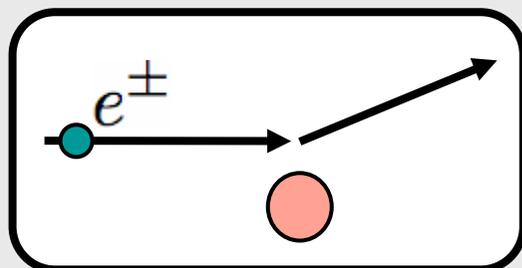
ビームが



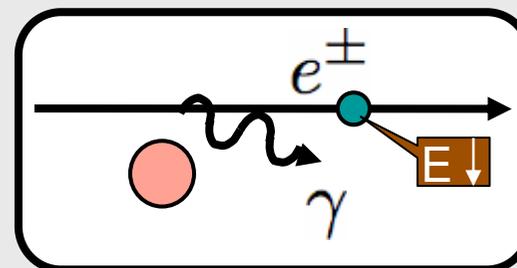
ガス散乱：残留ガスによって散乱

Touschek効果：バンチ内のビーム同士で散乱

向きが変わる



エネルギーが低下



アップグレードで電流が約2倍  
→ 散乱粒子の数が約2倍  
→ バックグラウンドも**約2倍**

# ビームバックグラウンド (Touschek効果)

4

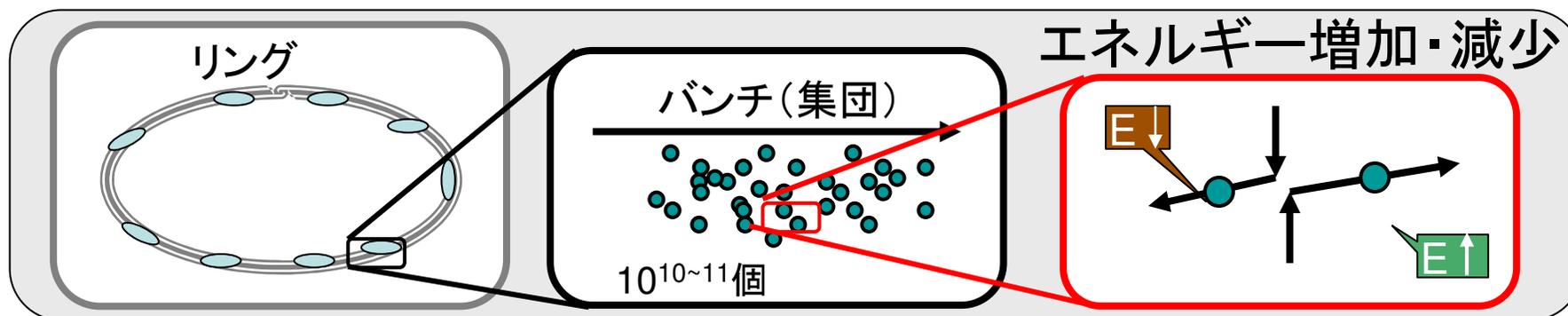
ビームが



バックグラウンドになる

ガス散乱: 残留ガスによって散乱

**Touschek効果: バンチ内のビーム同士で散乱**

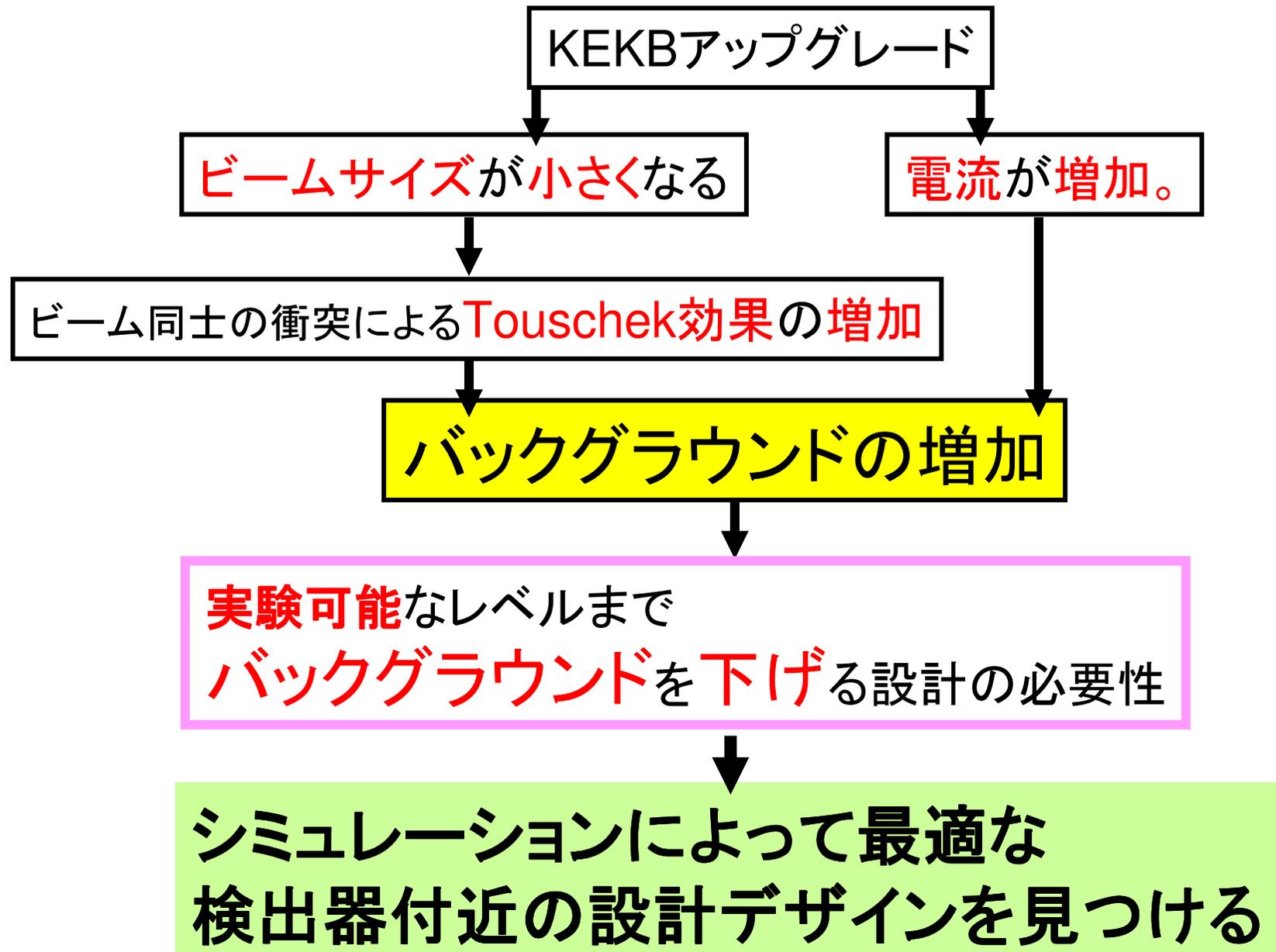


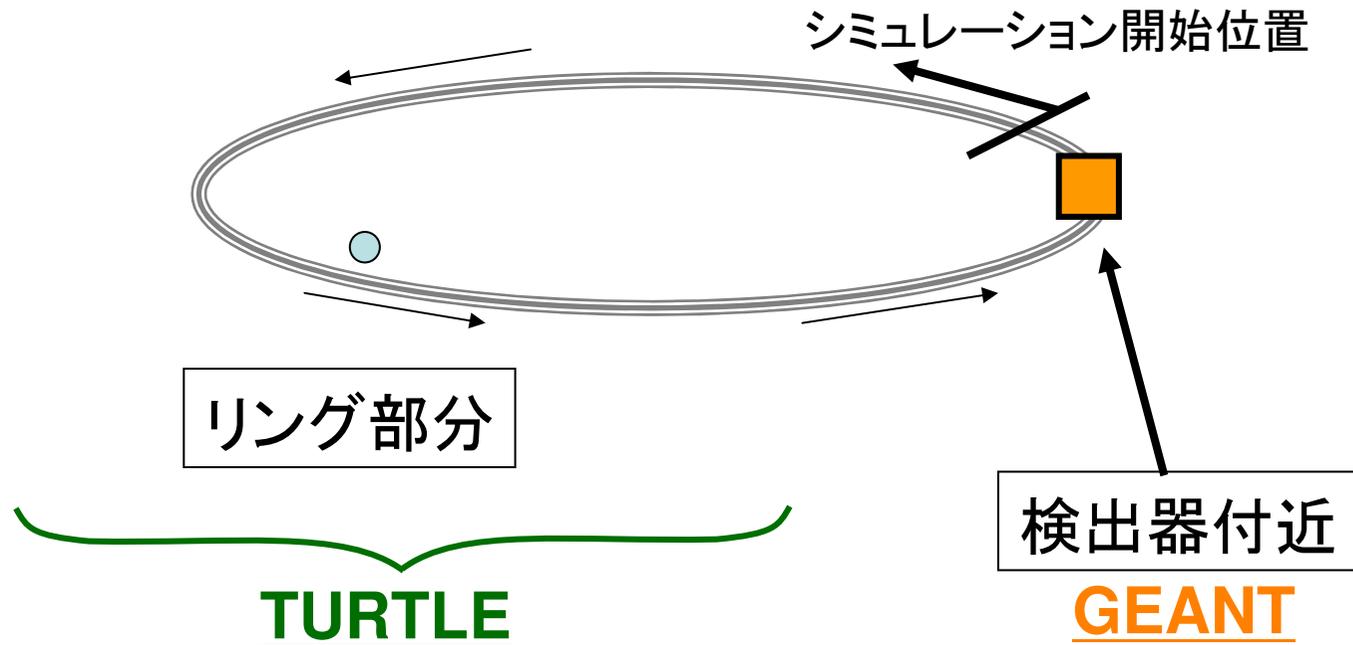
**高密度・低エネルギー**のビームに対して**重要**

アップグレードによって散乱率上昇

対策: 3.5 x 8.0 GeV を 4 x 7 GeV に

それでも散乱粒子は現在の20~30倍程になると予想されている





$$(x, x', y, y', z, \delta) \quad \delta = \frac{p - p_0}{p_0}$$

- ・行列計算で軌道を計算
- ・散乱されたビームを生成

・ビームパイプ、検出器の再現  
(衝突点から約10m前後)

・バックグラウンド量を見積もる

このシミュレーション方法で現在のKEKBのシミュレーションを行った

目的:シミュレーションの動作の信頼性の確認

1)ビームの寿命の見積もり

2)崩壊点検出器へのdose量

Belle検出器の最も内側。  
4層のシリコン検出器。  
バックグラウンドによる影響大。  
最も内側の層のdoseを調べた。

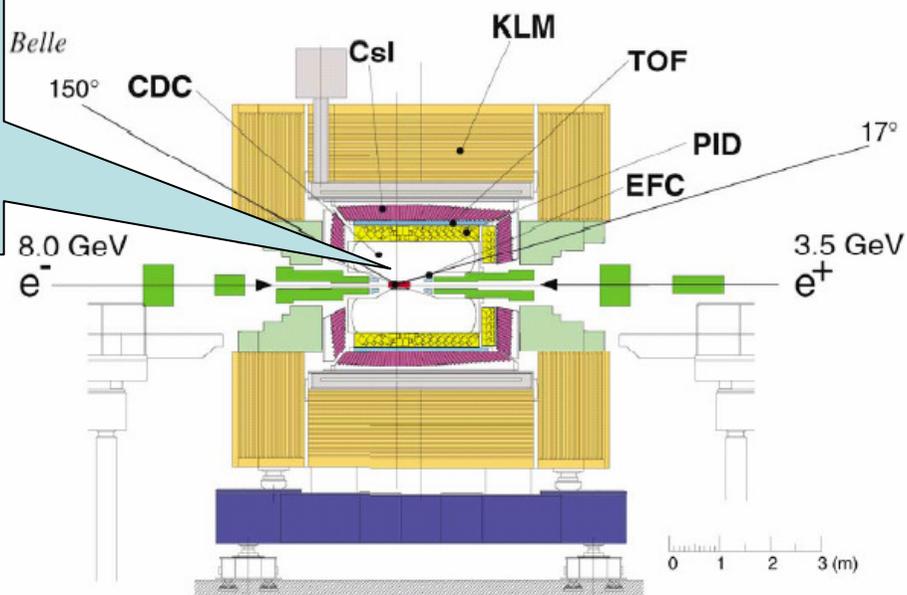


Fig. 1. Side view of the Belle detector.

ガス散乱の散乱率 → 圧力に比例(主に一酸化炭素)  
CO分圧は正確にはわからない

**1nTorr(一様) と 0.1nTorr(一様) の2つの仮定で計算。**

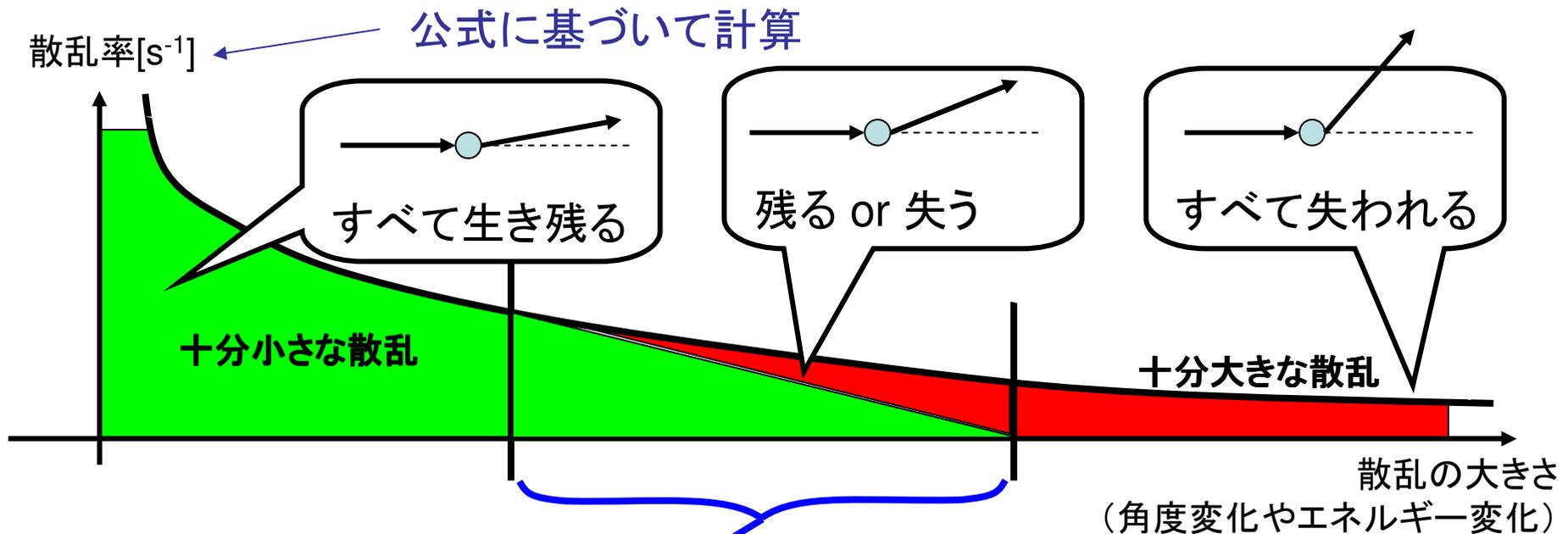
ビームパラメータはデザイン値を使用

HER 電流	1.188A
LER 電流	1.637A
バンチ数	1584個

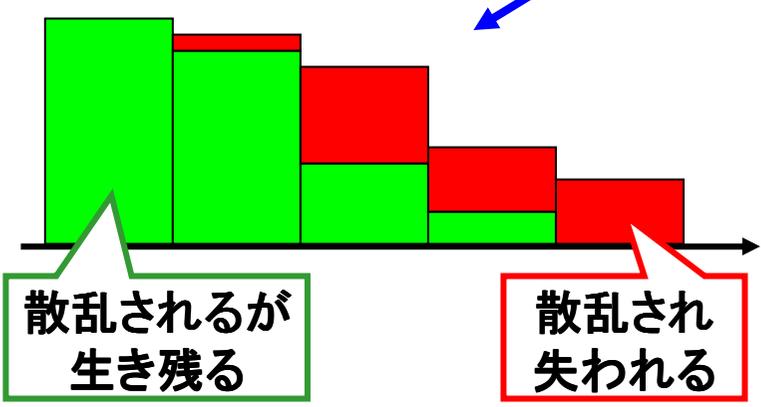
衝突点でのビームサイズ (水平方向 / 垂直方向)

HER	147um / 0.94um
LER	127um / 0.94um

# ビーム寿命の見積もり方法



生き残るもの、失われるものの割合をシミュレーションで求める。



単位時間に失われるビームの数がわかると寿命がわかる

$$\text{ビーム寿命} = \frac{(\text{ビーム粒子数})}{(\text{損失率})}$$

例) LER Touschek効果でエネルギーが増加するもの  
(エネルギー変化  $\delta$  : 0.67% ~ 17.1%)

$\delta$  : 0.67%未満

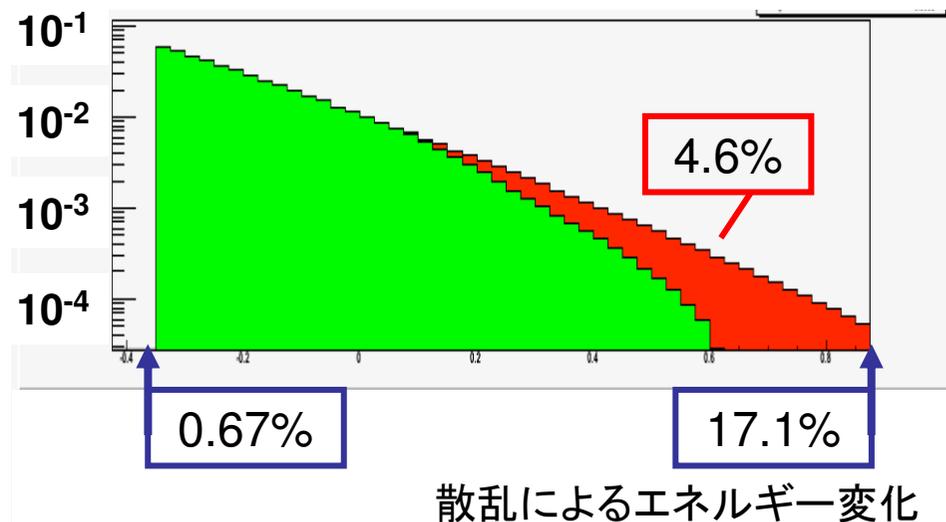
必ず**生き残る**

$\delta$  : 0.67%以上17.1%未満

全体の**4.6%**が**失われる**

$\delta$  : 17.1%以上

**100%**失われる



これらの範囲の散乱率を計算し、そのうちの  
**4.6%**と**100%**が**失われる**とする。

同様にTouschek効果でエネルギーが減少するものについても計算した

Touschek効果による寿命は204分と求まった。

同様にガス散乱のビーム寿命を求め、合計の寿命 $T_{total}$ を求めた

$$\frac{1}{T_{total}} = \sum \frac{1}{T}$$

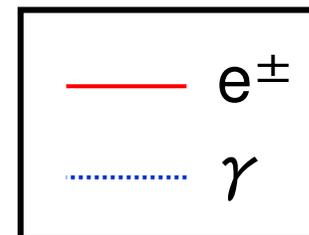
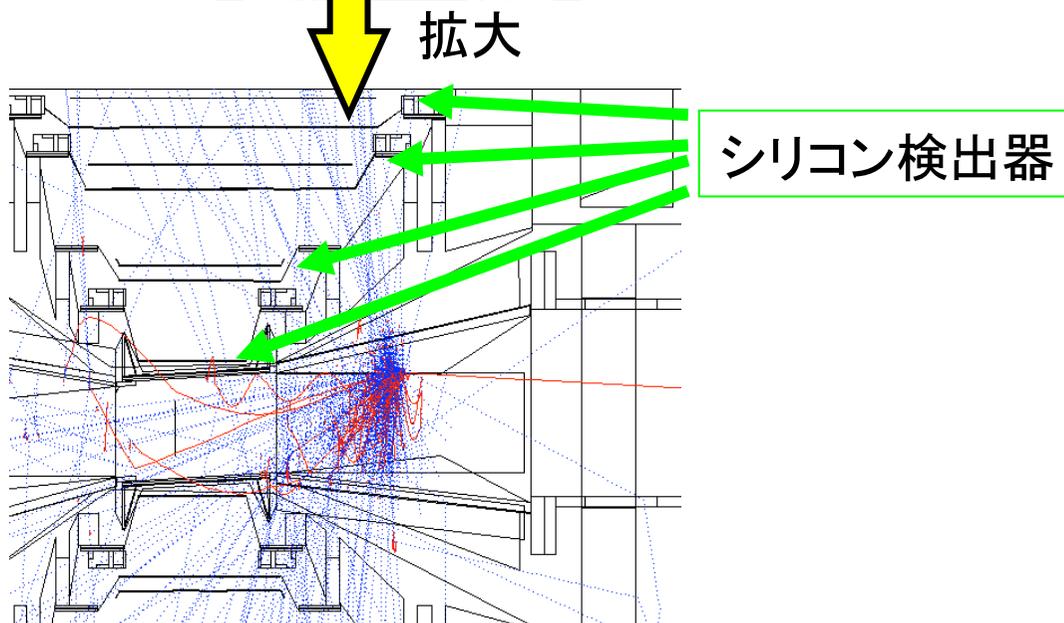
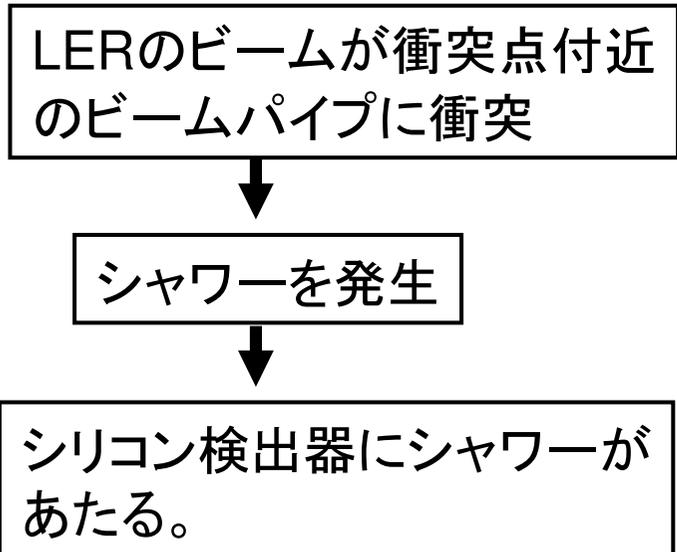
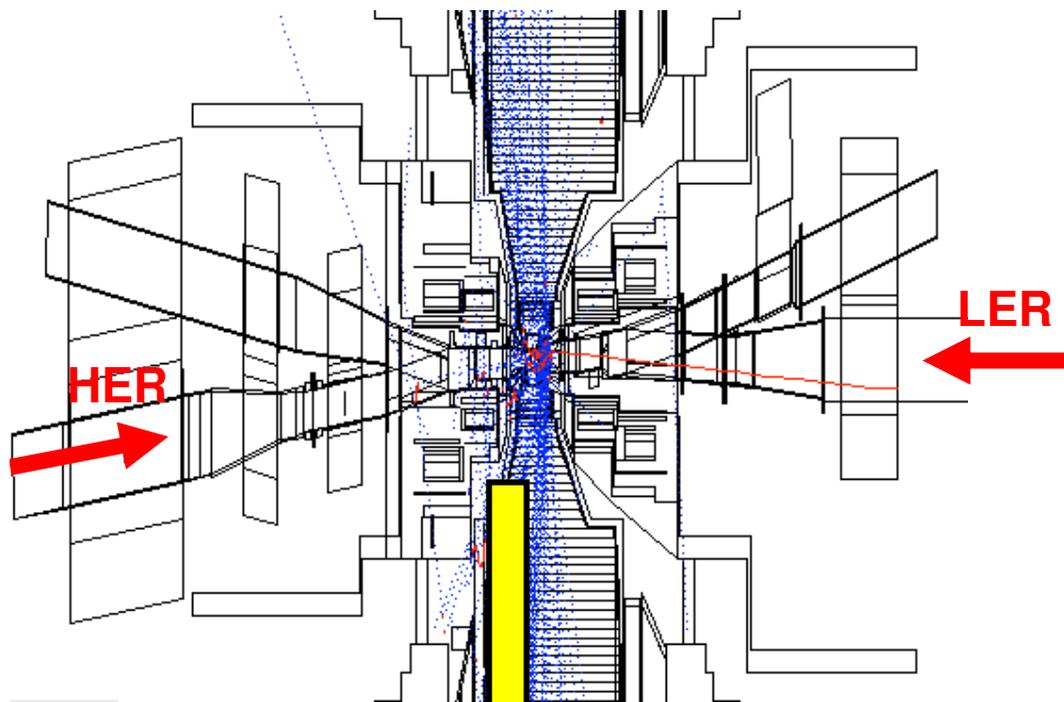
圧力1nTorrを仮定(圧力0.1nTorrを仮定)

	1/寿命 [min <sup>-1</sup> ]
<b>LER</b>	
Touschek	1 / 204
ガス散乱	1 / 1060 (1 / 10604)
合計	1 / 171 (1 / 200)
<b>HER</b>	
Touschek	1 / 2725
ガス散乱	1 / 696 (1 / 6959)
合計	1 / 554 (1 / 1959)

実験値からの見積もり

	1/寿命 [min <sup>-1</sup> ]
<b>LER</b>	
Touschek	1 / 61
その他	1 / 833
合計	1 / 57
<b>HER</b>	
Touschek	1 / 588
その他	1 / 3333
合計	1 / 500

寿命はファクター3~5程度で再現できている



崩壊点検出器の最も内側の層のdoseを調べた

シミュレーションの結果 1nTorr仮定(0.1nTorr仮定)、単位 krad / yr

HER ガス散乱	196(20)
LER Touschek	76
LER ガス散乱	203(20)
計	475(116)

実際のdose量 (検出器の近くに設置されたモニターで測定された)

測定値 | 100~200

ファクター5以下程度で再現できている

Super KEKBのシミュレーションも  
この精度でシミュレーション可能と考えられる

KEKBアップグレードではTouschek効果、ガス散乱による  
ビームバックグラウンドが問題となる

そのためのシミュレーションを行っている。

シミュレーションの正確さを調べるため、  
現在のKEKBのシミュレーションを行った。

寿命はファクター3～5程度で一致

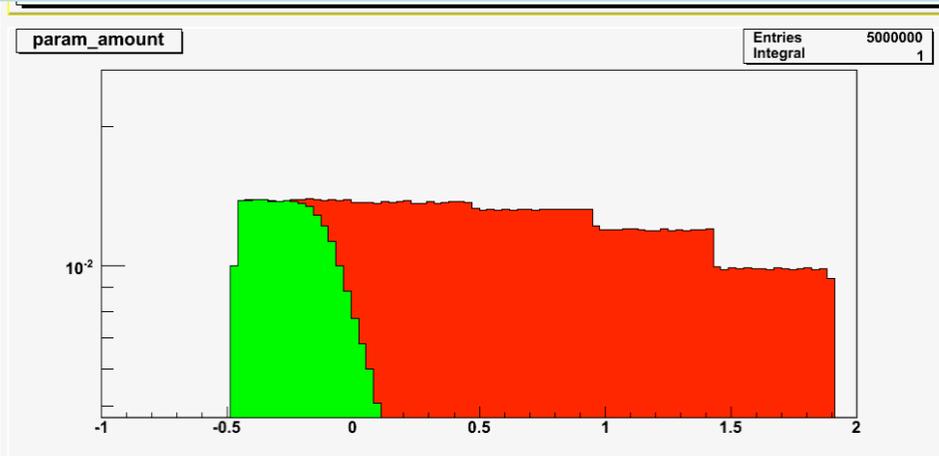
Dose量はファクター5以下程度で再現できている

これらの結果を踏まえ、  
今後はSuper KEKBのシミュレーションの準備を進めていく

Back up

p : pressure[nTorr]

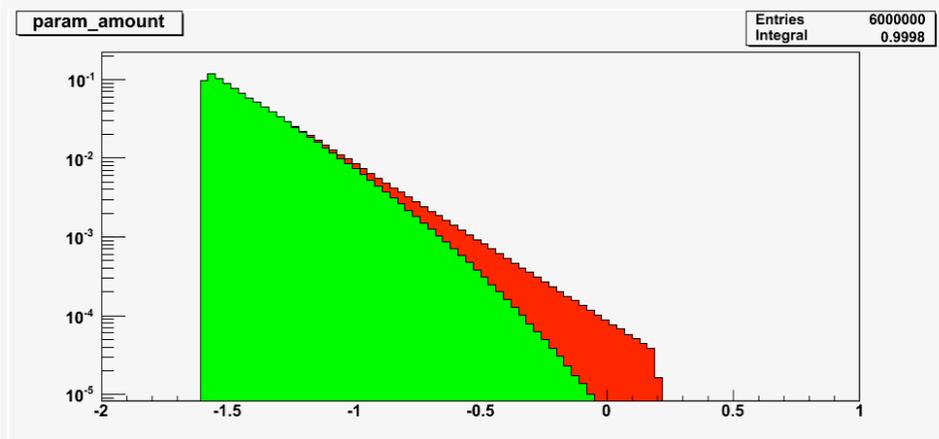
## 制動輻射 ( $\delta$ : 0.33~81%)



Brems

$$595.441\text{p} \times 0.7345 + 16.8731\text{p} \\ = 454.2\text{p} \text{ [MHz]}$$

## クーロン散乱 ( $\theta$ : 0.025~1.6mrad)



Coulomb

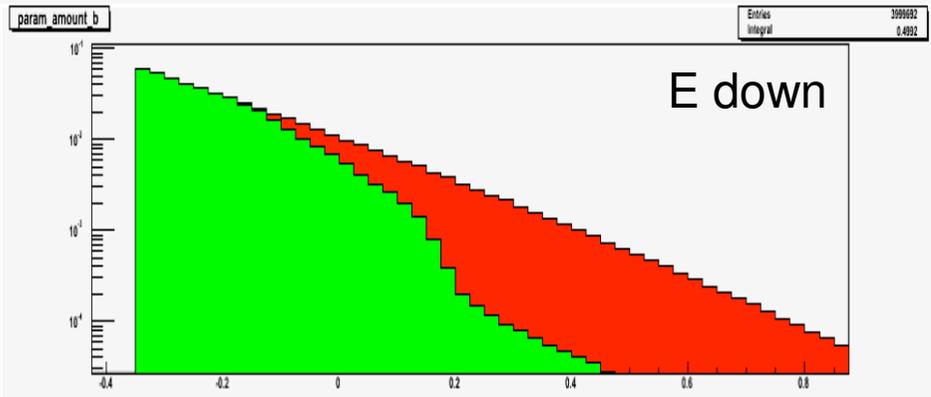
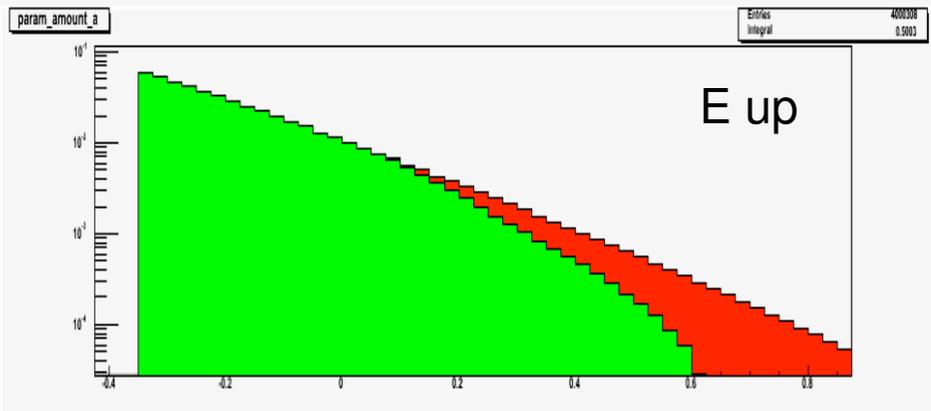
$$46243.925\text{p} \times 0.02958 + 11.28989\text{p} \\ = 1379.2\text{p} \text{ [MHz]}$$

## LER dead rate

Tous( $\delta$  : 0.447~11.4%)

ALL\_a=5.004e-01 Alive\_a=4.866e-01 Dead\_a=1.376e-02

ALL\_b=4.992e-01 Alive\_b=4.225e-01 Dead\_b=7.668e-02



Energy gained Touschek

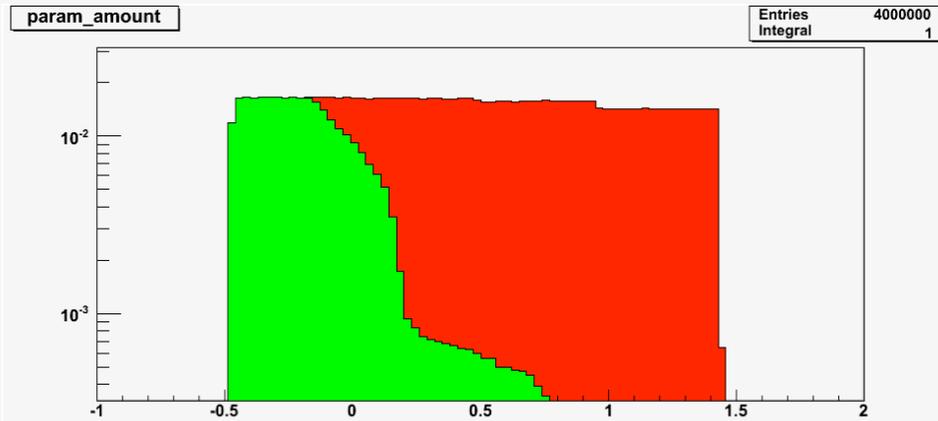
$$92221.704 \times 0.01376 + 9.388/2 = 1273.7\text{MHz}$$

Energy decreased Touschek

$$92221.704 \times 0.07668 + 9.388/2 = 7076.3\text{MHz}$$

Brem ( $\delta$  : 0.33~27%)

ALL=1.000e+00 Alive=2.953e-01 Dead=7.047e-01



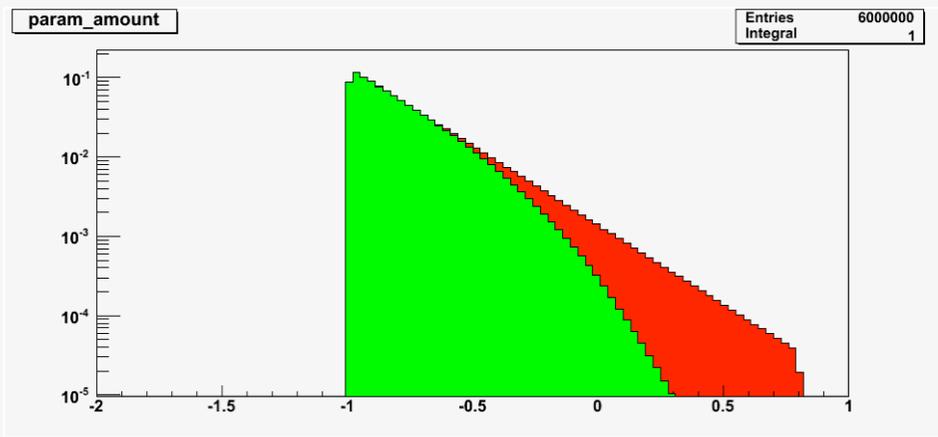
p : pressure[nTorr]

Brems

$$691.513p \times 0.7047 + 151.544p \\ = 638.9p \text{ [MHz]}$$

Coul ( $\theta$  : 0.1~6.4mrad)

ALL=1.000e+00 Alive=9.537e-01 Dead=4.627e-02



Coulomb

$$20807.0594p \times 0.04627 + 5.06p \\ = 967.8p \text{ [MHz]}$$