

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

東北大学 中野浩至

山本均、宇野彰二、金澤健一、Karim Trabelsi、
小磯晴代、柴田恭、坪山透、幅淳二、原隆宣、
岩崎昌子、杉原進哉、他 Belle II MDI Group

目次

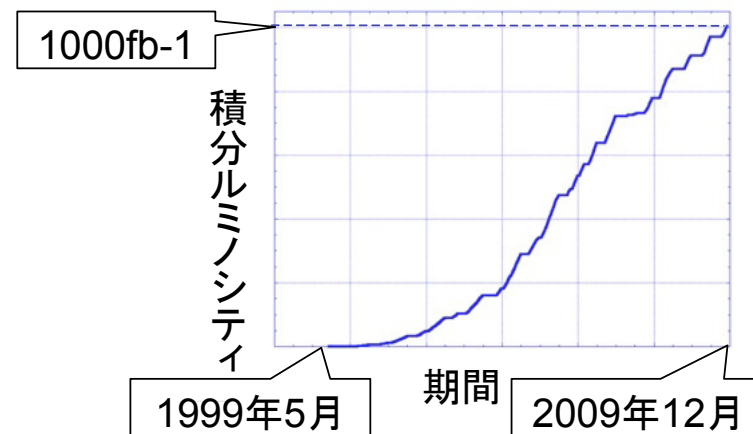
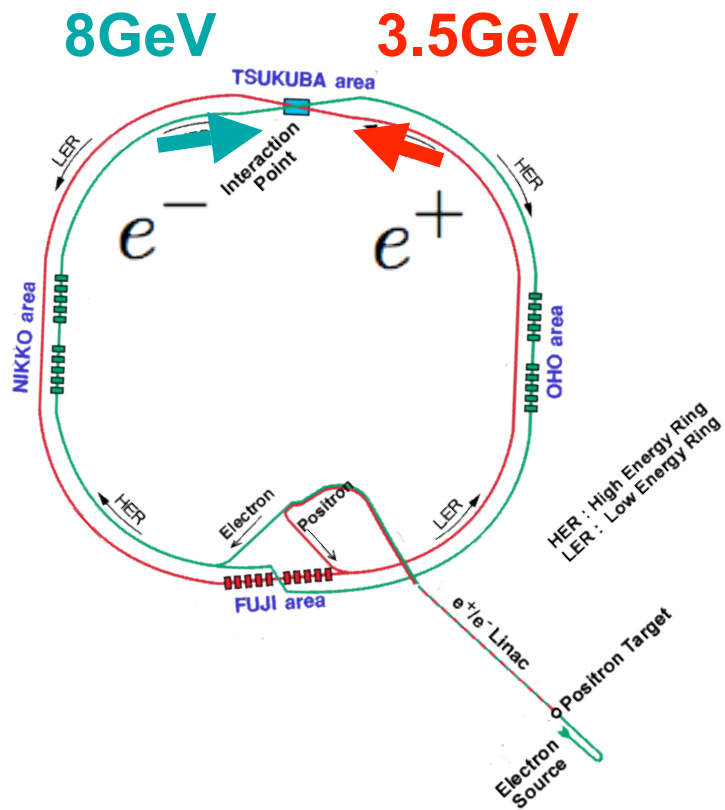
KEKBアップグレード

Touschek効果について

シミュレーションについて

KEKB

B中間子を作り、CP対称性の破れを検証。
 昨年11月29日積分ルミノシティ 1000 fb^{-1} 達成！



Super KEKBへのアップグレード

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

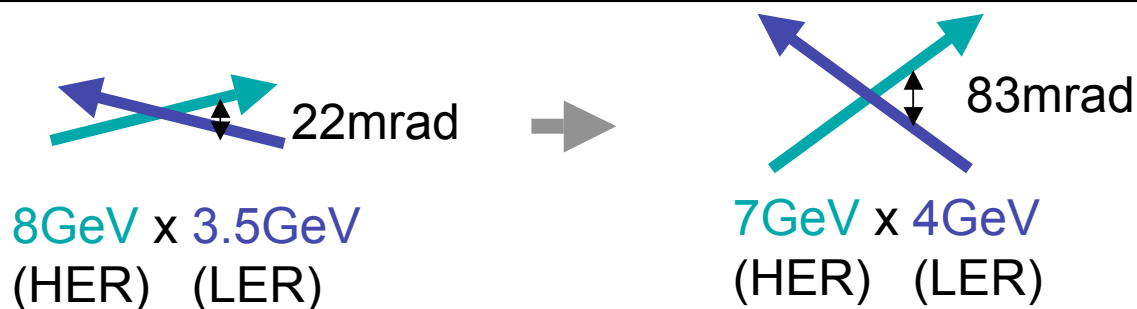
1000 fb^{-1} の50倍！

ビームを絞る！
電流を増やす！

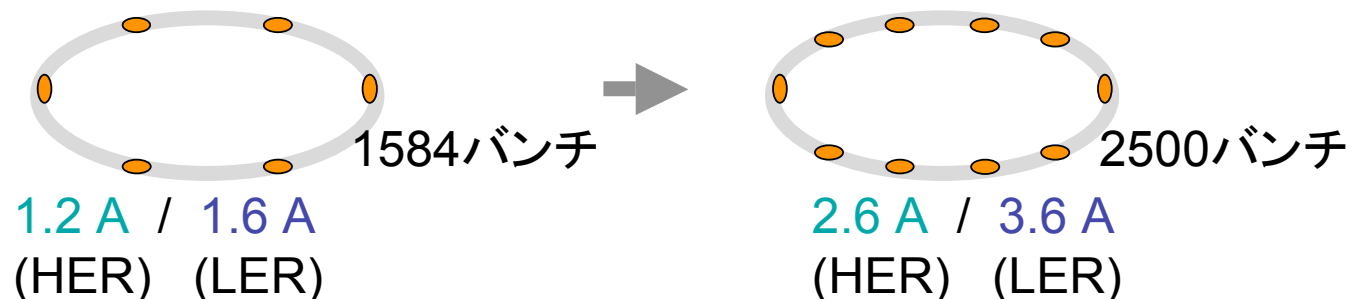
衝突頻度が上がり、ルミノシティが
現在の約40倍に！

パラメータの詳細

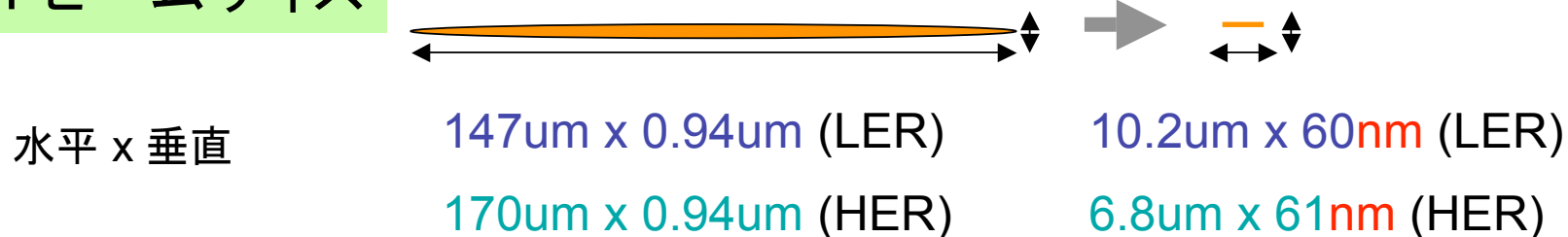
エネルギー
と
交差角



電流
と
バンチ数



IPビームサイズ



ルミノシティ 2.1 E34 [cm-2s-1] → **80 E34** [cm-2s-1]に！
2014年 Physics run 開始予定！

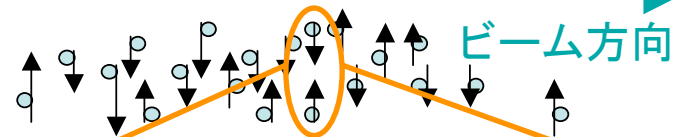
Touschek効果について

ビームサイズを絞ることで

Touschek効果 が深刻になる。

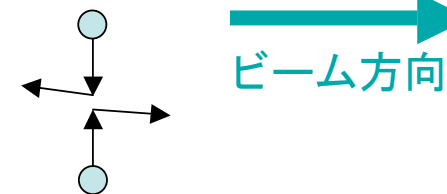
Touschek効果 : バンチ内のビーム粒子同士の衝突

ビームは、
“ベータトロン振動(進行方向に垂直)”
をしている。



進行方向に垂直な運動
衝突↓ 変換
ビーム進行方向の運動

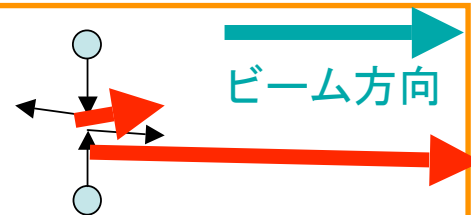
バンチ系



実験室系から見ると、大きな効果。

実験室系

$$\gamma \simeq 10^4$$
$$(\gamma \equiv \sqrt{1 - \beta^2})$$



Touschek効果によって、
ビーム粒子は軌道を外れる。

Touschek効果による散乱率

“The Touschek effect in strong focusing storage rings”

A.Piwinski arXiv: physics/9903034v1 より

低エネルギー → 散乱率 大

低エネルギーである、LERで重要

ビームサイズ小 → 散乱率 大

Super KEKBでさらに重要

TouschekはアップグレードされたLERで非常に重要！

どのくらい重要か、見積もった

次ページ

寿命の見積もり(KEKB)

KEKBのLERについて、
Touschek効果による散乱率を計算した

$$R = 8.76 \text{ E6 [回/s/bunch]}$$

($|\Delta E / E| > 0.01$)

また、ビームパイプ内ガス散乱率は
 $R = 3.69 \text{ E6 [回/s/bunch]}$
($1\text{nTorr}, \Delta E / E > 0.01$ or $\Delta\theta > 0.2\text{mrad}$)

LERでは、
Touschek効果の
散乱はガス散乱の
約2倍。

計算式から、LERの寿命は83分。
(実際の値は133分)

寿命の見積もり(Super KEKB)

Super KEKBのLERについて、
Touschek効果による散乱率を計算した

$$R = 1.33 \text{ E}8 \text{ [回/s/bunch]}$$

($|\Delta E / E| > 0.01$)

KEKBの約**25倍**の
散乱粒子が発生！
(*バンチ数、約1.6倍。
散乱率R、約15倍。)

ビームパイプ内ガス散乱率は
KEKBの2、3倍程度と見積もった
 $R \sim 1 \text{ E}7 \text{ [回/s/bunch]}$

(*電流、2~3倍)

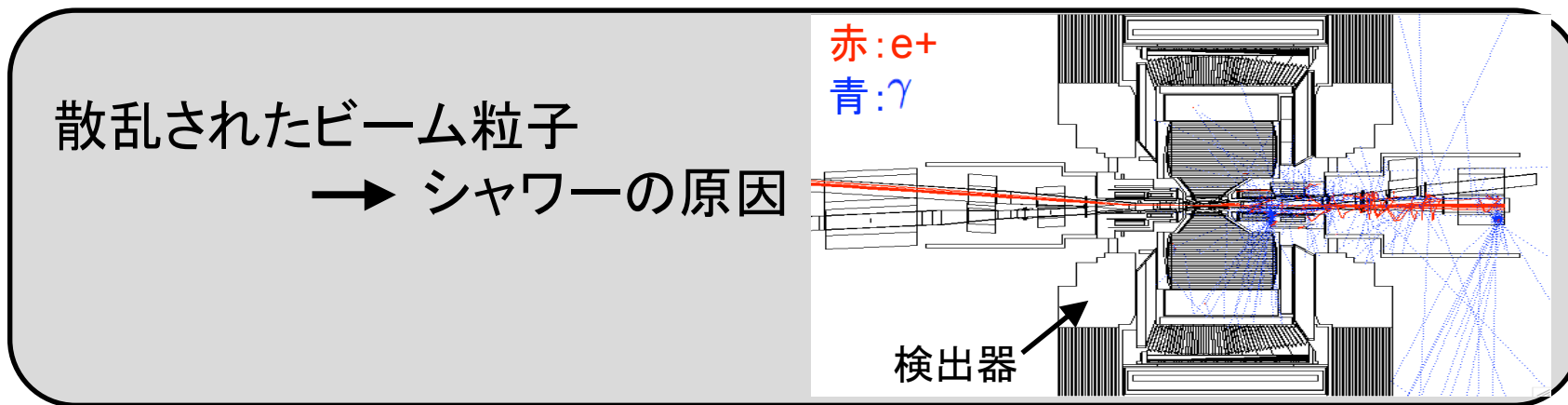
計算式から、LERの寿命は11分。

(実際の目標値は約10分)

ビームを絞ることで、

寿命が非常に短くなり、散乱粒子が増える。

軌道を外れた粒子によるバックグラウンド



アップグレードによって、
1秒あたりの散乱回数が増加



バックグラウンドの増加

ビーム由来のバックグラウンド

ガス散乱 (2~3倍)

Touschek効果 (25倍!)

Touschekのバックグラウンドをできるだけ抑えるIR設計が必要。

→ バックグラウンド量を見積もる必要あり!

バックグラウンドのシミュレーション

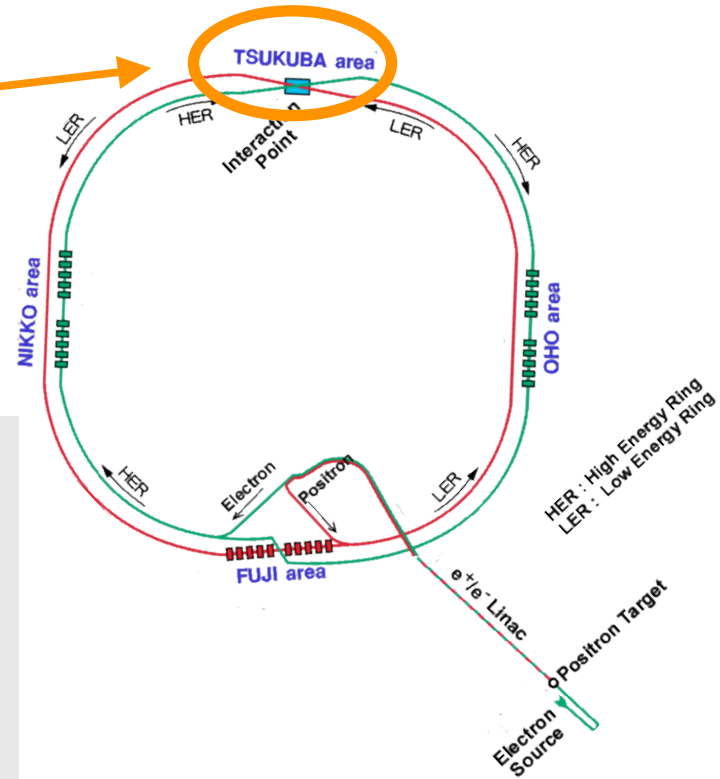
検出器部分
- **GEANT**
リング部分
- **TURTLE**

TURTLE

行列計算によるBeam transportation
→ 計算量 少

GEANT

シャワー、多重散乱の再現
検出器へのDose量計算



十分な統計量のバックグラウンドデータを取り、
散乱率の公式でウェイトをかける。

「粒子各々のシミュレーション」、「散乱率計算の正しさ」が鍵

シミュレーション結果

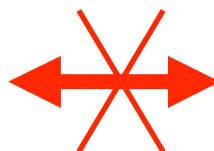
KEKBのLERのバックグラウンドによる、最も内側のSVDへのDose量を計算した。

Dose量 (kRad/yr)

ガス散乱	291
Touschek	101
LER sum	392

真空1nTorr CO
電流1.6A を仮定

▶ Dose量が大きすぎる



実際のデータ

HER+LER ~200kRad/yr

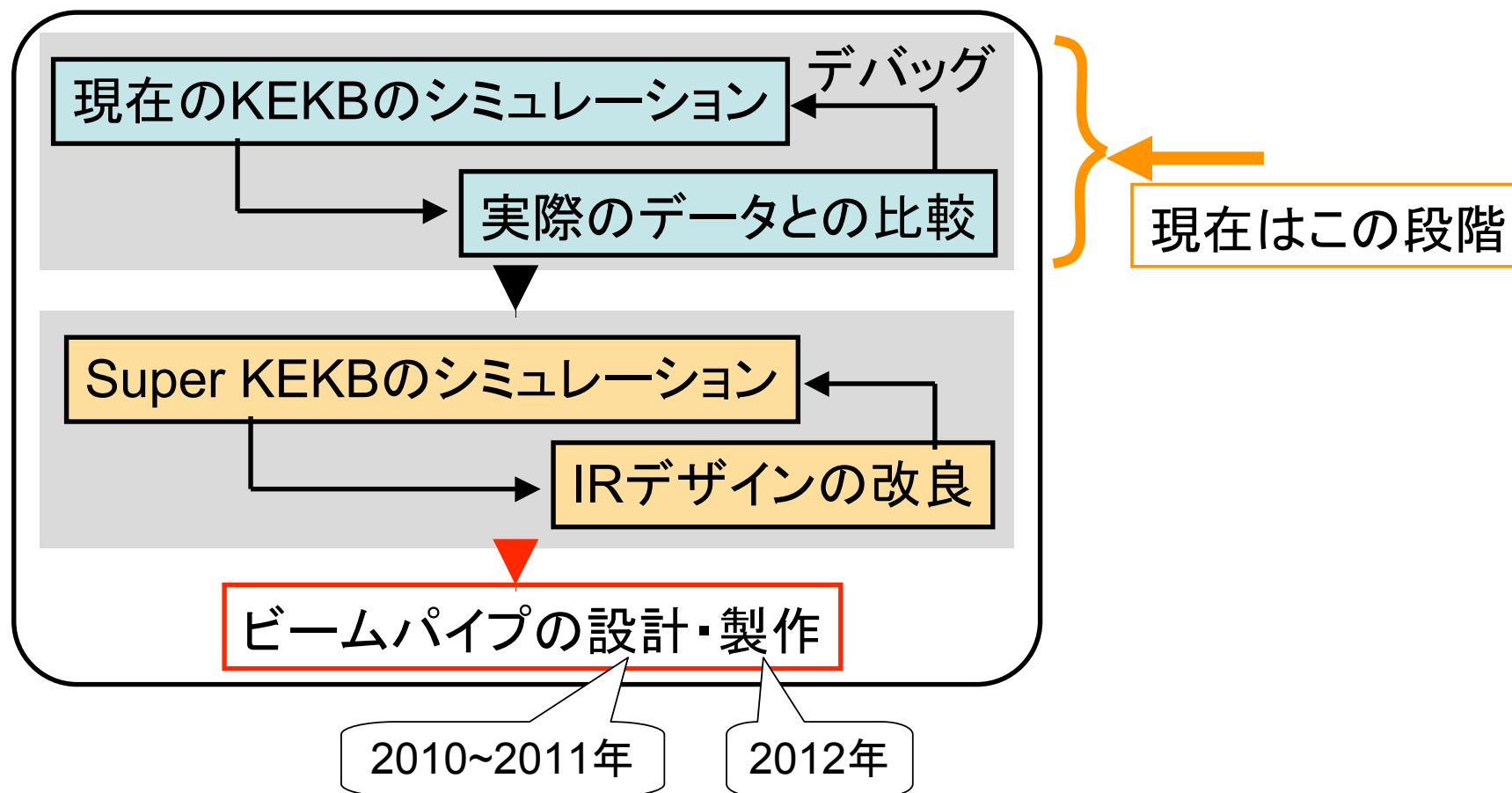
過去のシミュレーション結果

LER sum 46kRad/yr

by K.Trabelsiさん

過去のシミュレーション結果や、データと異なる。
シミュレーションプログラムの見直しが必要。

研究状況と今後



To Do

散乱率の計算式の確認・シミュレーションの見直し。
KEKBのバックグラウンドの理解を深める。

まとめ

KEKBは標準理論を超える物理に迫るため、
積分ルミノシティ 50000 fb^{-1} (現在の50倍)を目指す。

ビームをナノメートルサイズに絞るなどのアップグレードにより、
ルミノシティを約40倍にする。

ビームを絞るとTouschek効果の影響が大きくなる。
バックグラウンド量はおよそ25倍と予想される。

Touschekバックグラウンドをできるだけ抑えるIR設計が必要！

今後、バックグラウンド発生シミュレーションを正確に行い、
2014年の Physics run に向け、IRデザインを決定する。

ありがとうございました。

明日23日、

23aBX 9:00~12:00

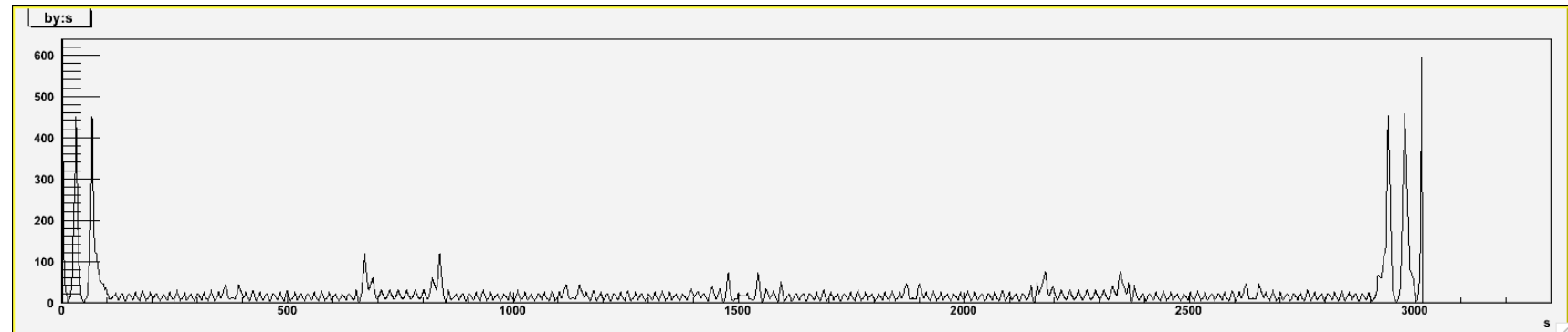
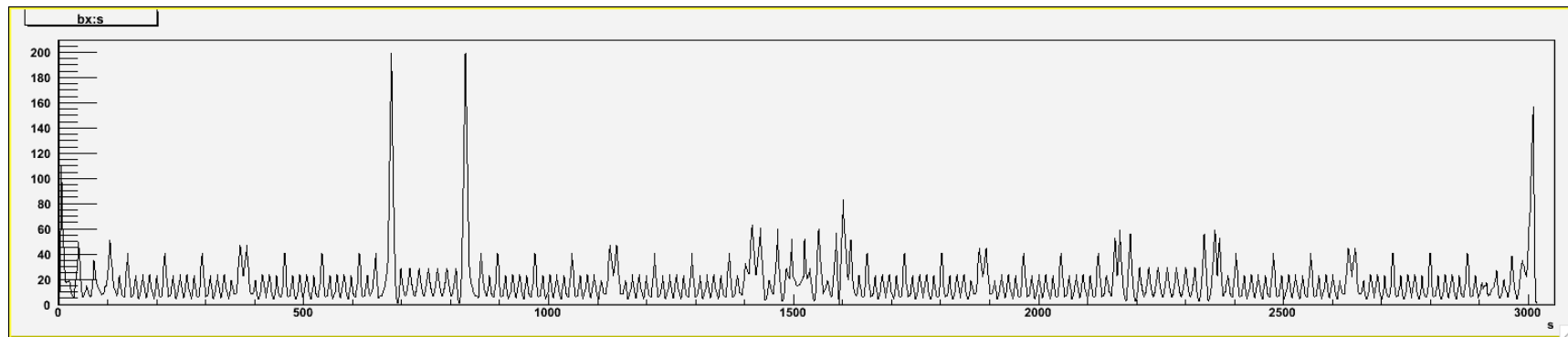
ビーム物理領域、素粒子実験領域

合同シンポジウム

「ナノビームを作り出す！驚異の加速器SuperKEKB」

Back up

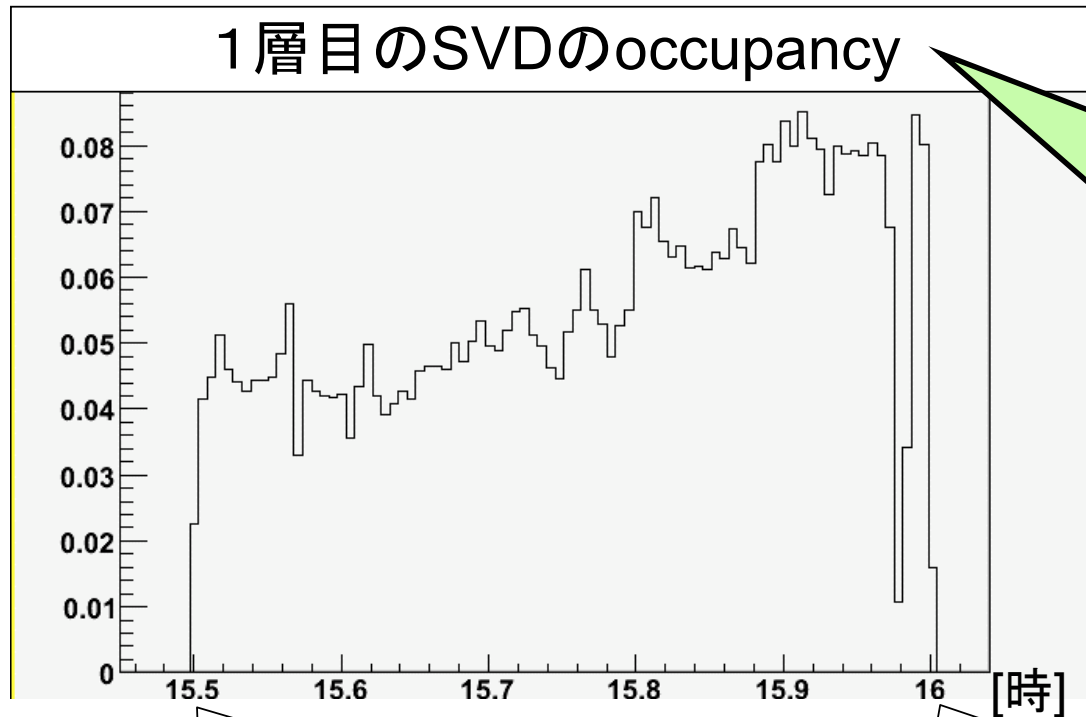
Twiss parameter beta



ビームサイズとバックグラウンドの関係

2009年12月8日 15:30~16:00

LERのビームサイズ(y方向)を変化させたときのバックグラウンド



Occupancy:
1層目SVDの内側
6144チャンネルのうち、
いくつかのチャンネルから
信号が出ているか。

y方向IPビームサイズ
3um



y方向IPビームサイズ
1.5um

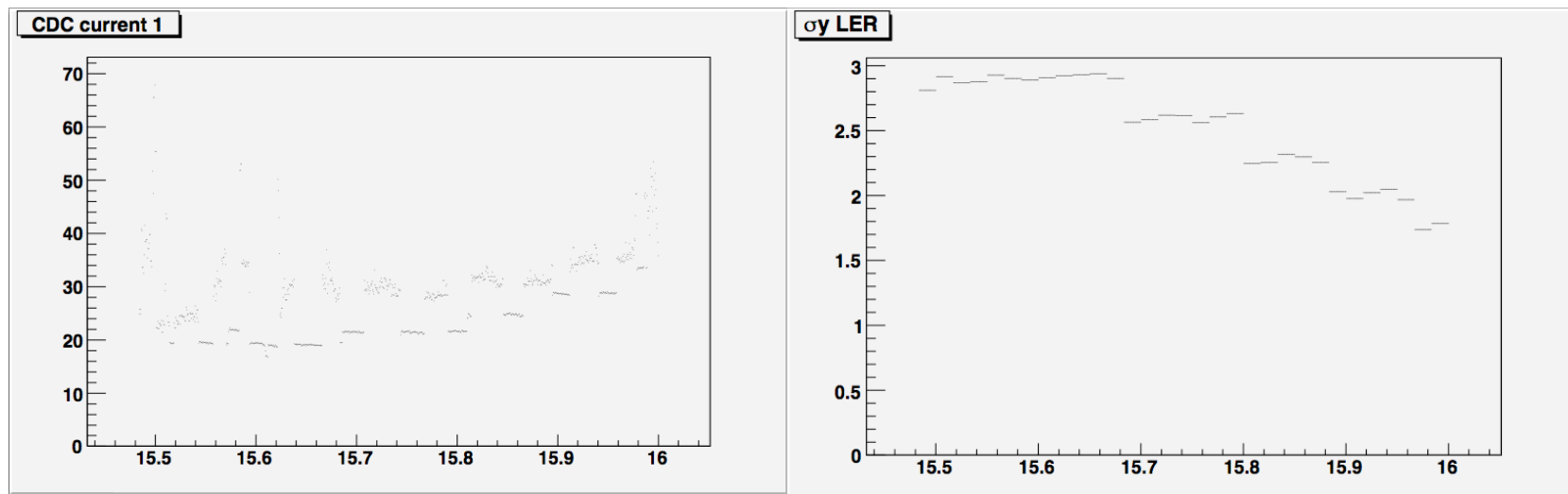
実際にビームサイズを絞ることで、
バックグラウンドが増えることが確認された。

BGスタディによる結果

2009年12月8日

ビームサイズの変化とバックグラウンド量を比較

杉原さん作



ビームサイズ小 ↔ バックグラウンド大

Touschek効果によるバックグラウンドの増加が見られた。

Dose量 詳細1

K.Trabelsi さん(2004年)

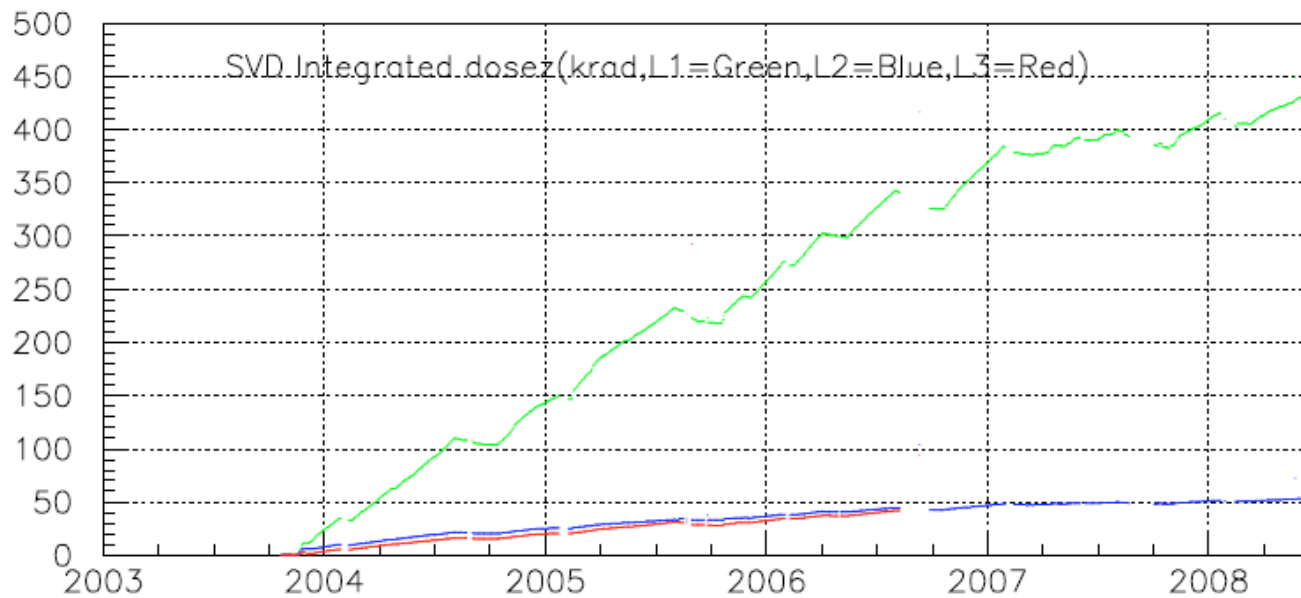
(kRad/yr)

現在のKEKBのSVDの放射量(シミュレーション)

		Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4
HER	e^- Brem	21 ± 4	8 ± 1	2 ± 0.2	1 ± 0.1
	e^- Coulomb	32 ± 10	9 ± 2	3 ± 0.5	1.5 ± 0.5
LER	e^+ Brem	18 ± 3	6.5 ± 1	2.2 ± 0.3	1.4 ± 0.2
	e^+ Coulomb	11 ± 2	2.2 ± 0.3	0.9 ± 0.1	0.35 ± 0.05
	e^+ Touschek	17 ± 8	6 ± 3	0.5 ± 0.2	3 ± 0.5

Dose量 詳細2

現在のKEKBのSVDの放射量(RADFET)



どの程度の散乱でBGが生じるか

