



Belle 崩壊点検出器アップグレード の為に読み出しチップの性能評価

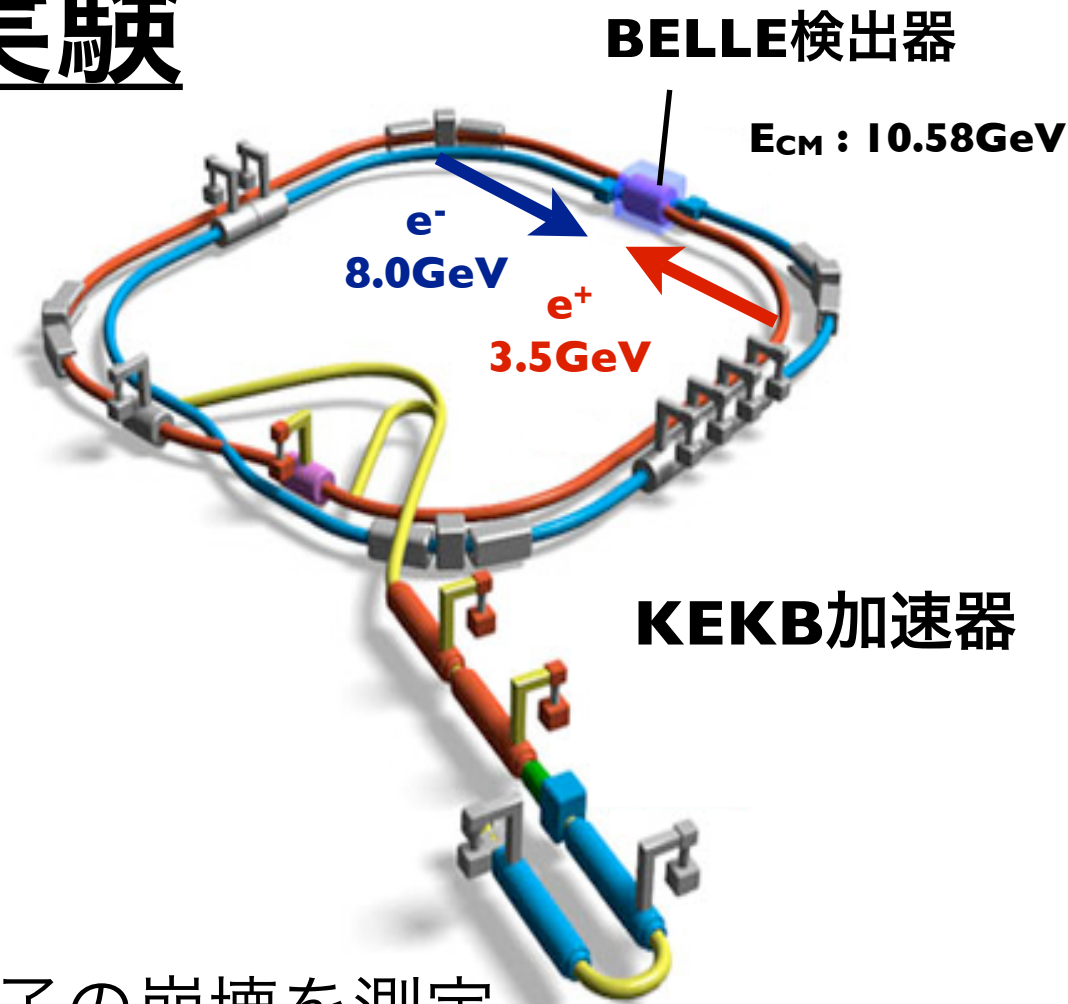
目次

1. Belle実験
2. SVDのアップグレード
3. APV25 (新SVD) の性能評価
 - 3.1. シミュレーション
 - 3.2. 線源テスト
4. 考察・まとめ

2007年 12月 25日
年末発表会

山中卓研 M2
黒木洋平

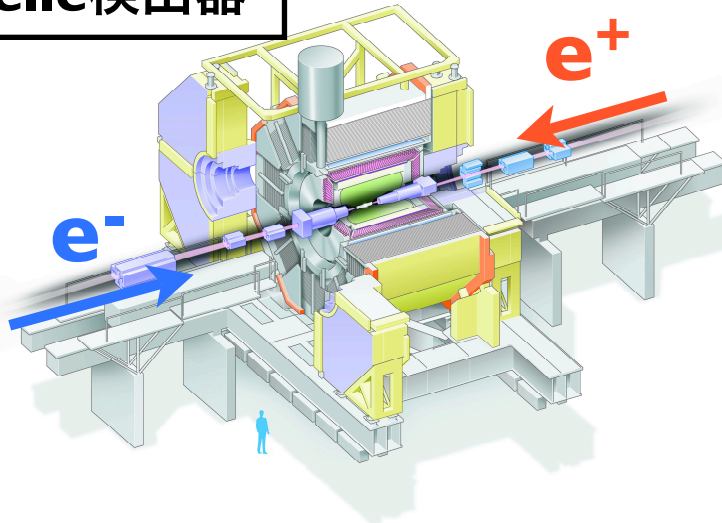
I. Belle実験



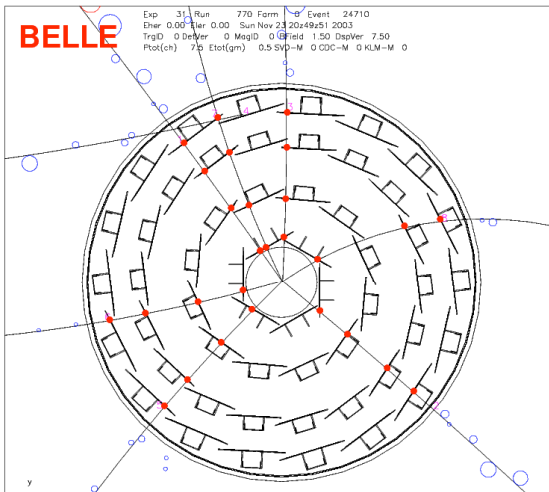
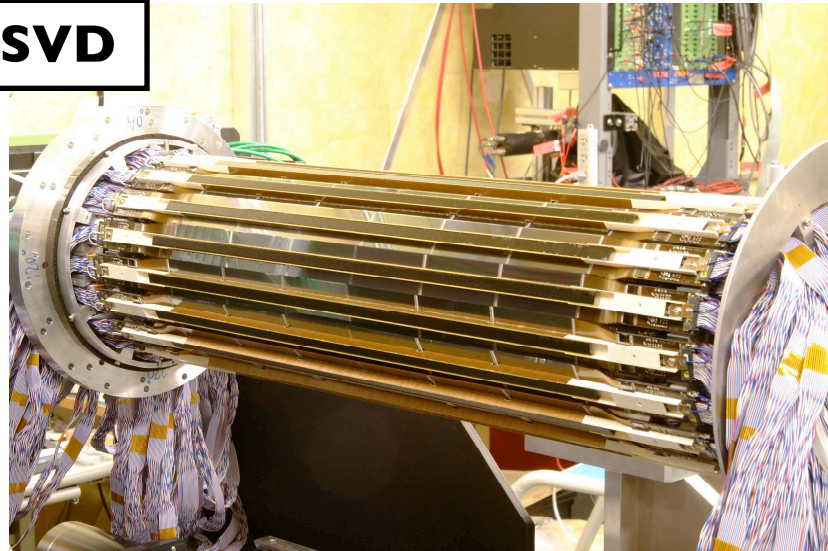
- ◆ 大量のB中間子の崩壊を測定
 - ▶ CP-Violation を説明する小林・益川理論を検証
- ◆ KEKB加速器は**世界一のルミノシティ**
 - ▶ Crab-Cavity の導入により一層の飛躍が期待

2. Silicon Vertex Detector (SVD)

Belle検出器



SVD



あるイベントにおける、
トラッキングされた hit

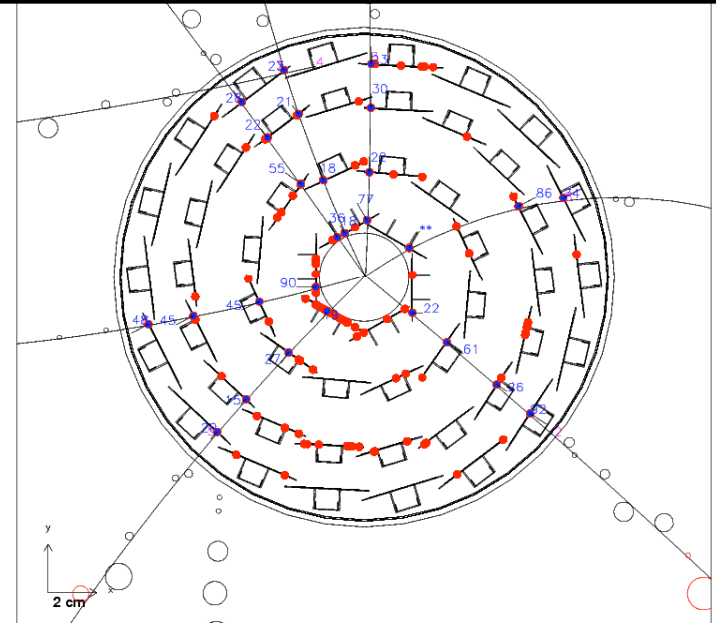
- ◆ Belle検出器の最中心部に位置
- ◆ 4層の筒状構造
- ◆ 数十ミクロンの精度で粒子の崩壊位置を検出する、半導体検出器
- ◆ 1枚のセンサー板 (79.6 mm x 28.4 mm) につき、ビーム軸方向512本、動径方向512本の読み出しchannel

2. SVDとビームバックグラウンド

◆ 現在の SVD における問題 ～ ビームバックグラウンド

- ▶ ビーム粒子の、残留ガスによる散乱や、制動放射により生じる BG
 - ▶ Fake (ニセモノ) な hit が増える
- ↓
- ▶ Occupancy (全chのうち鳴っているchの割合) が上昇し、**位置分解能が悪化する**

あるイベントにおける、すべての hit ビームバックグラウンド起因の hit が多数



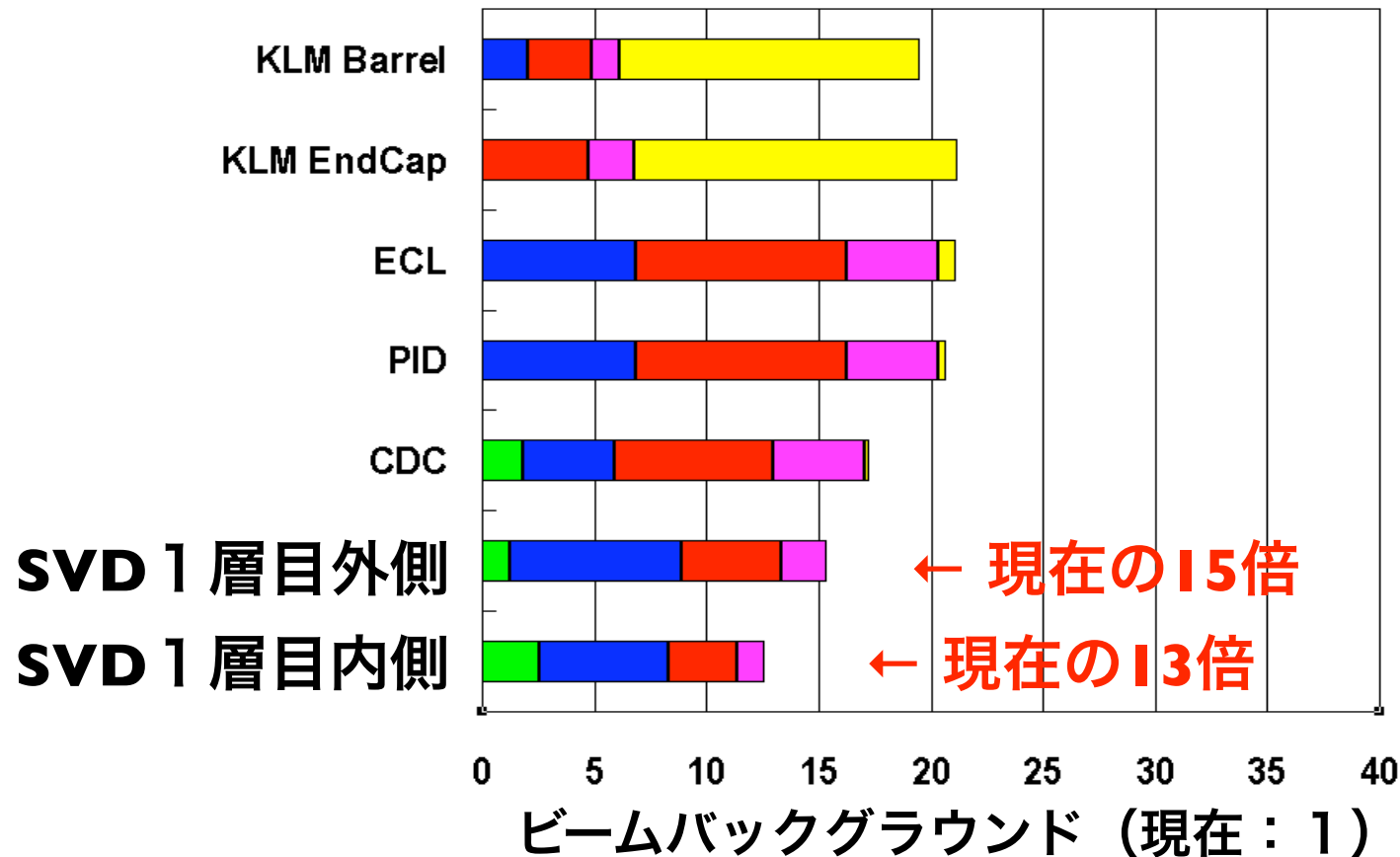
現在の SVD各層の Occupancy
(= #hit channels / #all channels)

SVDの層	1	2	3	4
Occupancy [%]	8	3	1	1

- ▶ 現在既に、1層目の Occupancy が高くなってしまっている

2. 今後のビームバックグラウンド予想

- ◆ sBelle 実験 (2012年~予定) では、現在の10倍のルミノシティを予定 → **ビームバックグラウンドも必然的に増加**



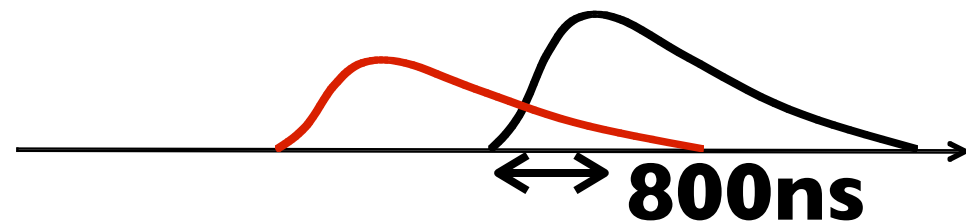
- ◆ 現在のままでは、位置分解能が大幅に悪化

→ **SVDのアップグレード**

2. SVDのアップグレード

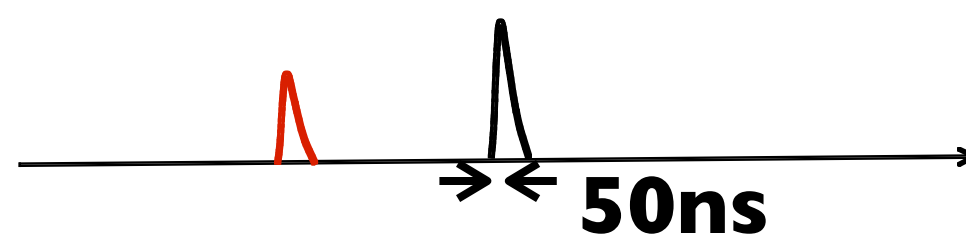
- ◆ 1層目 (& 2層目) のSVDを交換
- ◆ 重要な変更点は、読み出しチップの更新
 - ▶ VAITA (旧SVD) → APV25 (新SVD)
 - ◆ ピーキングタイムが 1/16 に (800ns → 50ns)
 - ◆ 波形情報 (time slice) も記録できるように

VAITA (旧SVD)	
Peaking Time	800 ns



1/16 ↓

APV25 (新SVD)	
Peaking Time	50 ns



- ◆ 1/16ピーキングタイムの効果だけでも、Occupancy が 1/16 になることが期待

3. APV25 (新SVD) の性能評価

◆ 目的

- ▶ ピーキングタイムが 1/16 になることにより、ビームバックグラウンドの影響をどのくらい抑えられるかを検証

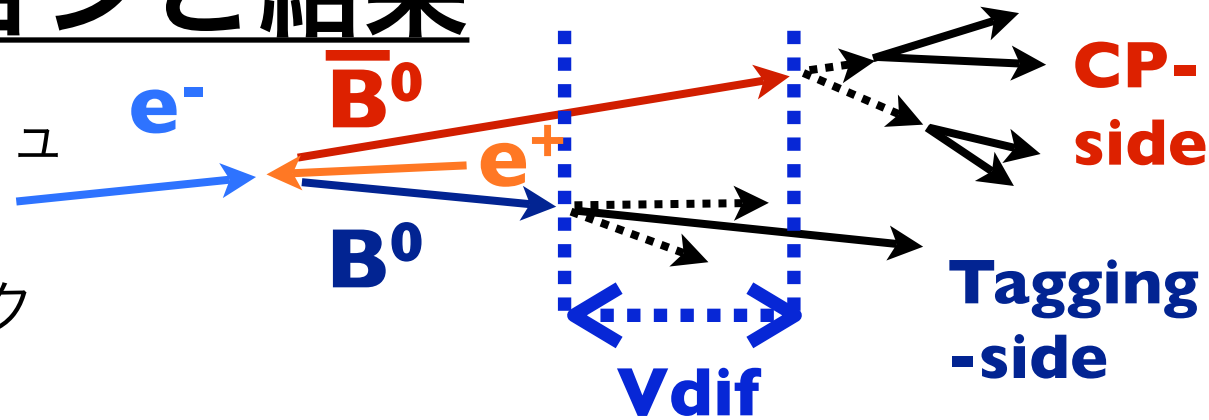
◆ 手法

- ▶ シミュレーションで評価
 - ◆ 1倍、3倍、15倍のビームバックグラウンド下での Vertex Resolution (ΔV_{dif}) を評価
- ▶ 放射線源テストで評価
 - ◆ 放射線源からの β 線を照射して、Occupancy を評価

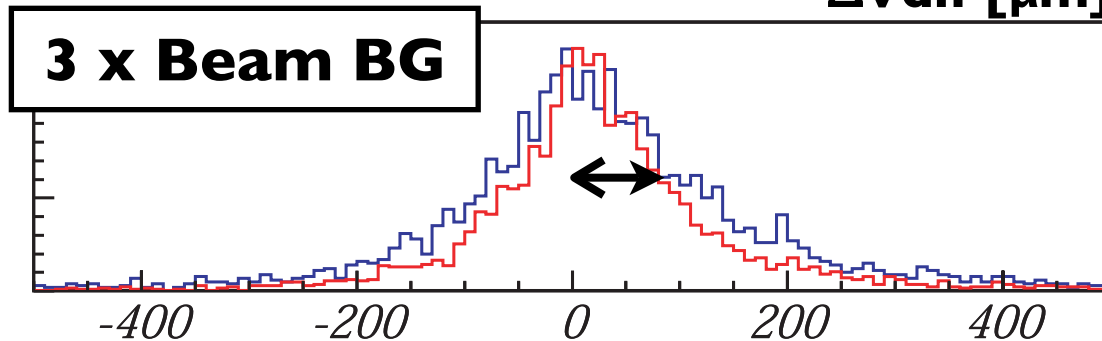
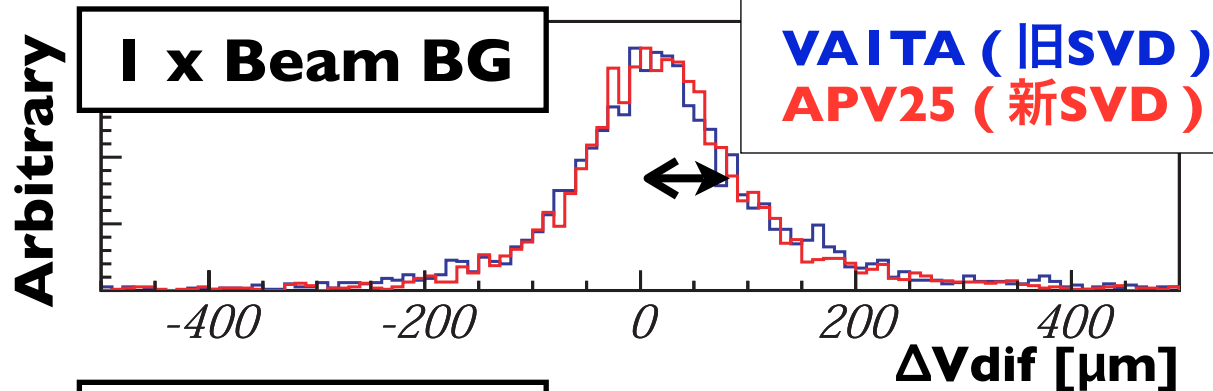
 まずはシミュレーションで評価

3. シミュレーションと結果

- ◆ VAITA と APV25 の波形をシミュレート
- ◆ 1倍、3倍、15倍のビームバックグラウンド下での Vertex Resolution ($\Delta Vdif$) を評価



$$\Delta Vdif = Vdif_{rec} - Vdif_{mc}$$



$\Delta Vdif$
[μm]
結果

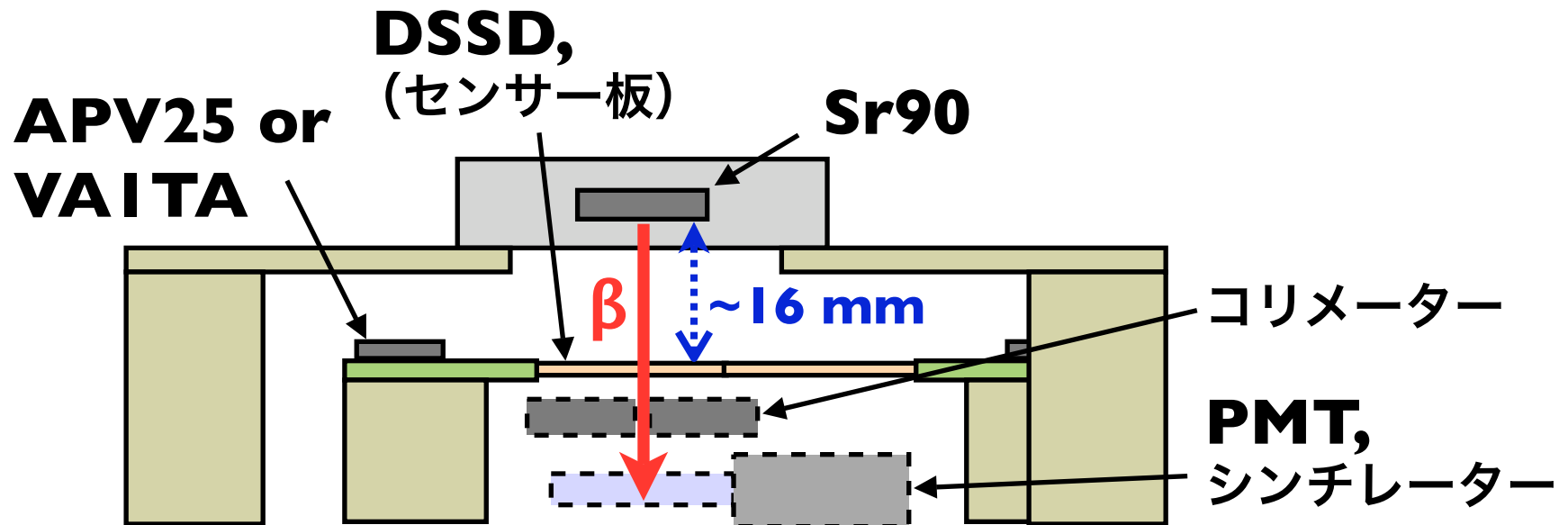
	VAITA (旧SVD)	APV25 (新SVD)
1xBG	118.8	104.9
3xBG	146.9	115.1
15xBG	441.2	143.8

- ◆ ビームバックグラウンドが15倍になっても、APV25 (新SVD) は高い分解能を発揮することを確認

→ **実際に線源テストで評価**

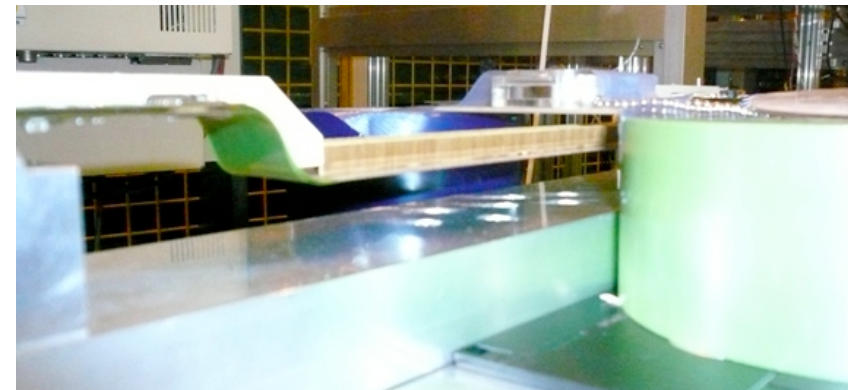
3. 線源テスト 概要

- ◆ 放射線源 (3.7MBq の Sr90) からの β 線を照射して、Occupancyを測定
 - ▶ センサー板の DSSD は同型のものを使用



▶ 条件

- ◆ APV25 (新SVD) のモジュールは、channel 連続部が 11ch のものを使用
- ◆ VAITA (旧SVD) も条件を揃えて、512ch のうち特定の 11ch を用いて解析



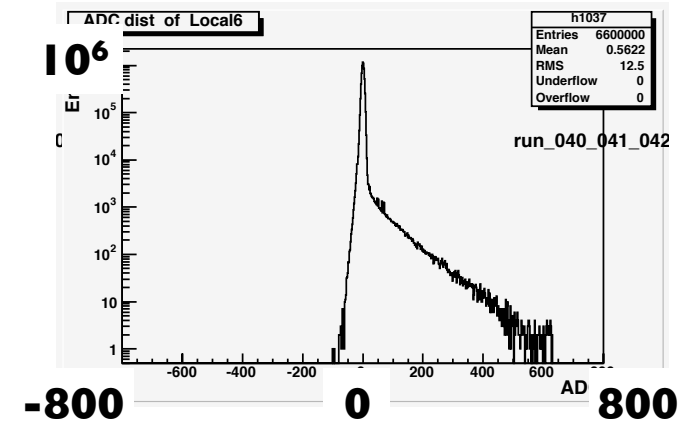
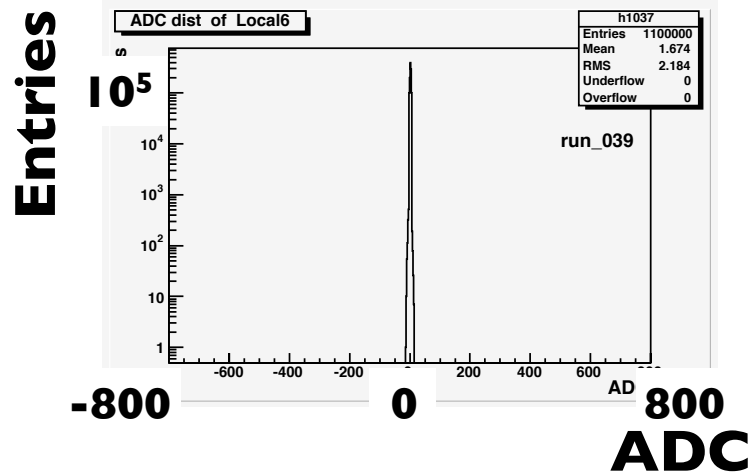
3. 線源テスト 線源の効果の確認

◆ 線源なし／ありでの、ADC分布の変化

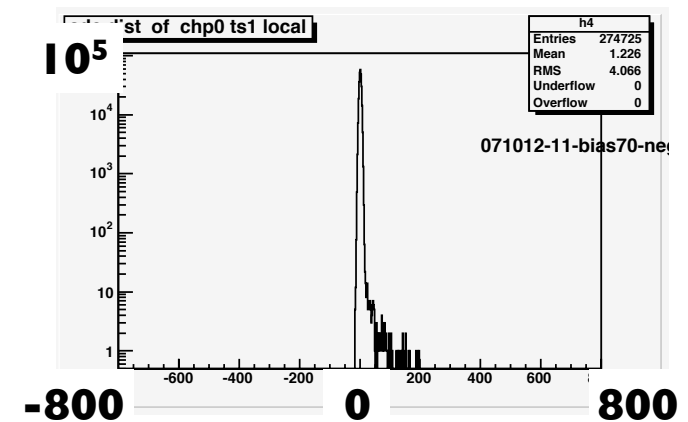
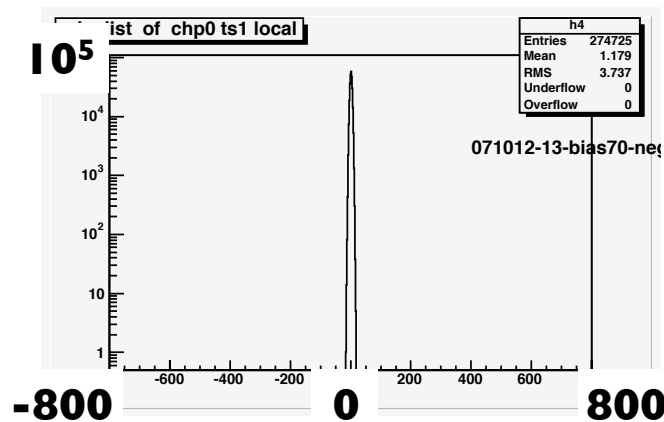
線源なし

線源あり

VAITA
(旧SVD)



APV25
(新SVD)



- ▶ 線源による hit を確認
- ▶ APV25 はVAITA よりも gain が低いことを確認

3. 線源テスト Threshold の決定

◆ Hit 条件 : $ADC > \text{Threshold}$ (e.x. 30.0 ADC)

▶ MIP の ADC の 1/3 を Threshold とした

VAITA (旧SVD)

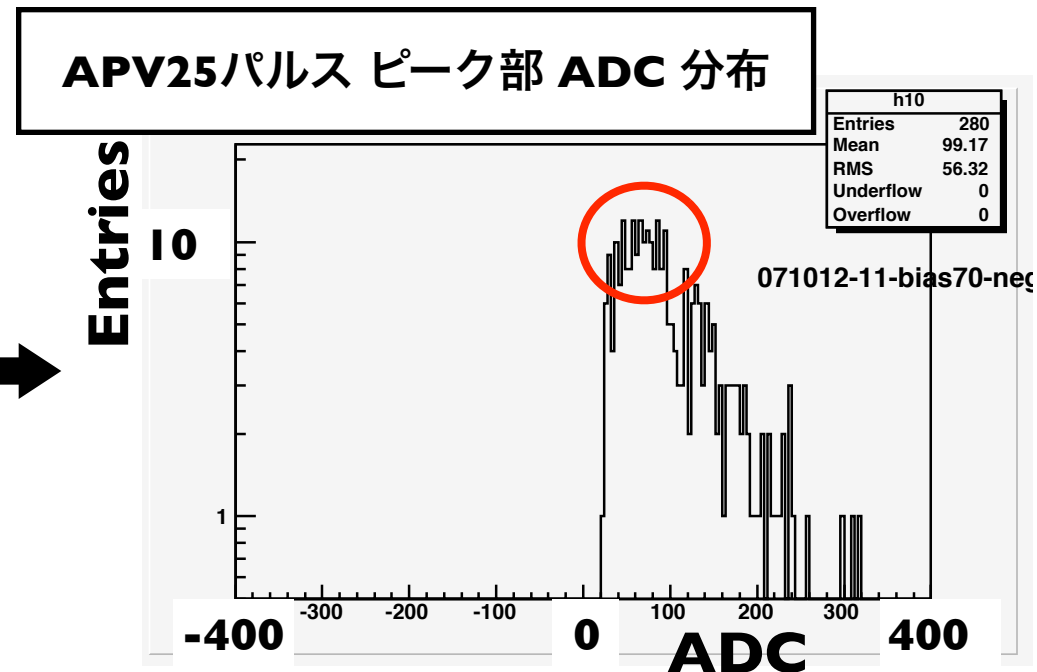
MIP : 100 ADC に calibrated

Threshold : ~33 ADC

APV25 (新SVD)

MIP : 60-80 ADC を確認 →

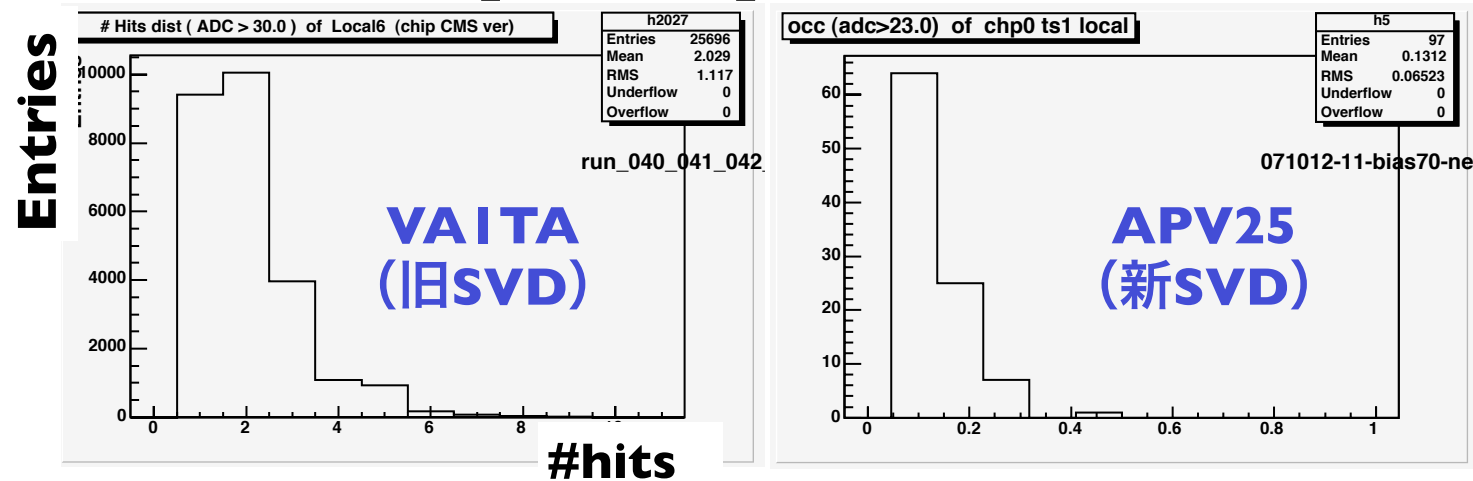
Threshold : ~23 ADC



→ Occupancy を評価

3. 線源テスト Occupancy 結果

決定した Threshold
を用いて、右のよう
な #hit 分布を得る



◆ 0 hit の bin は使わずに、Poisson 分布を仮定して #hit 分布を fitting して、Occupancy を求めた

▶ 1粒子の hit は 1 strip (ch) だけを鳴らすと仮定

Poisson 分布 fitting 結果	VAITA (旧SVD)	APV25 (新SVD)
Thre. [ADC]	33.0	23.0
Entries	24917	97
Occu. [%]	13.6	7.24
Chi ² /NDF	114	0.017

▶ VAITA → APV25 で、**1/16** には達しなかったが、**約半分**の Occupancy が得られた

4. 考察 Occupancy 結果

予想された1/16の **Occupancy** が得られていないのはなぜか

◆ APV25の Gain の低さ

- ▶ APV25 はVAITA より Gain が低く、結果として S/N が悪化
- ▶ しかし S/N の悪さを考慮しても、Occupancy はVAITA の 1/10~1/8 程度にはなりそう

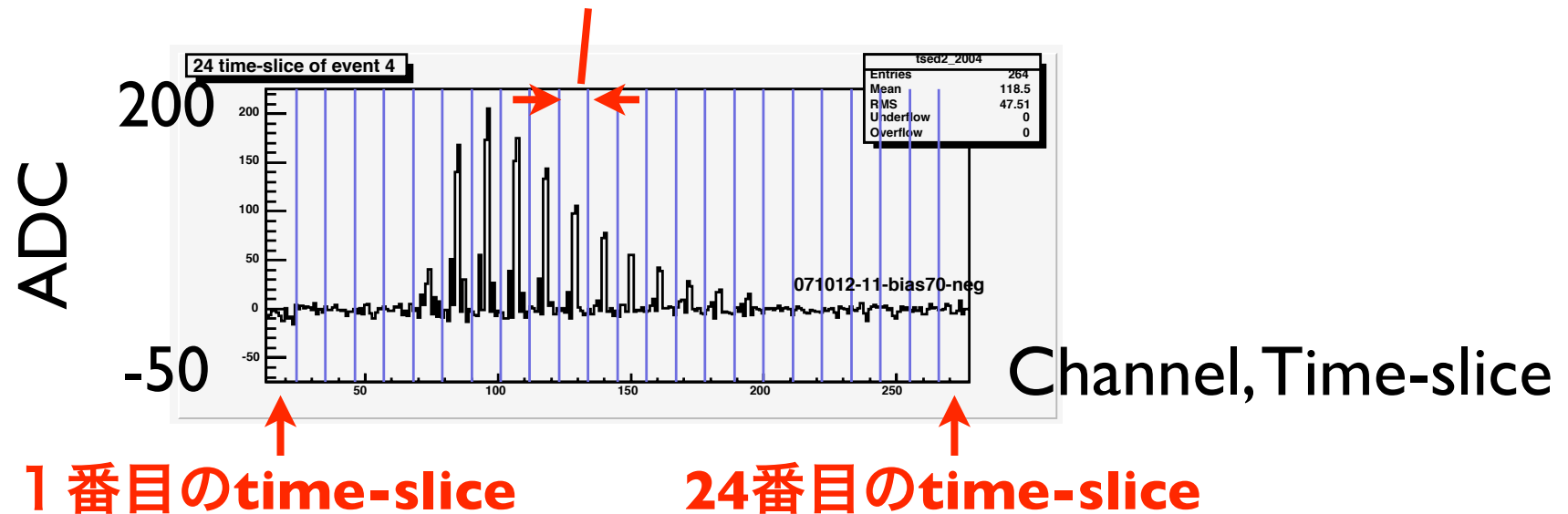
◆ 11 live channel 限定の測定条件

- ▶ 直接 Occupancy を求められないので、Poisson 分布で fitting する必要
- ▶ しかし fitting も bin数が少なく、なかなか困難
- ▶ 近日計画中の、512 live channel での測定に期待

4. 考察 Occupancy 結果

他に改善の可能性：波形情報の利用

11ch の ADC を、25 ns 間隔で、24 回記録



- ▶ 複数のパルスが重なると、本来よりも広いパルス幅で、単調増加や単調減少で見える
- ▶ 解析に組み込むことで、S/N の向上に期待

まとめ

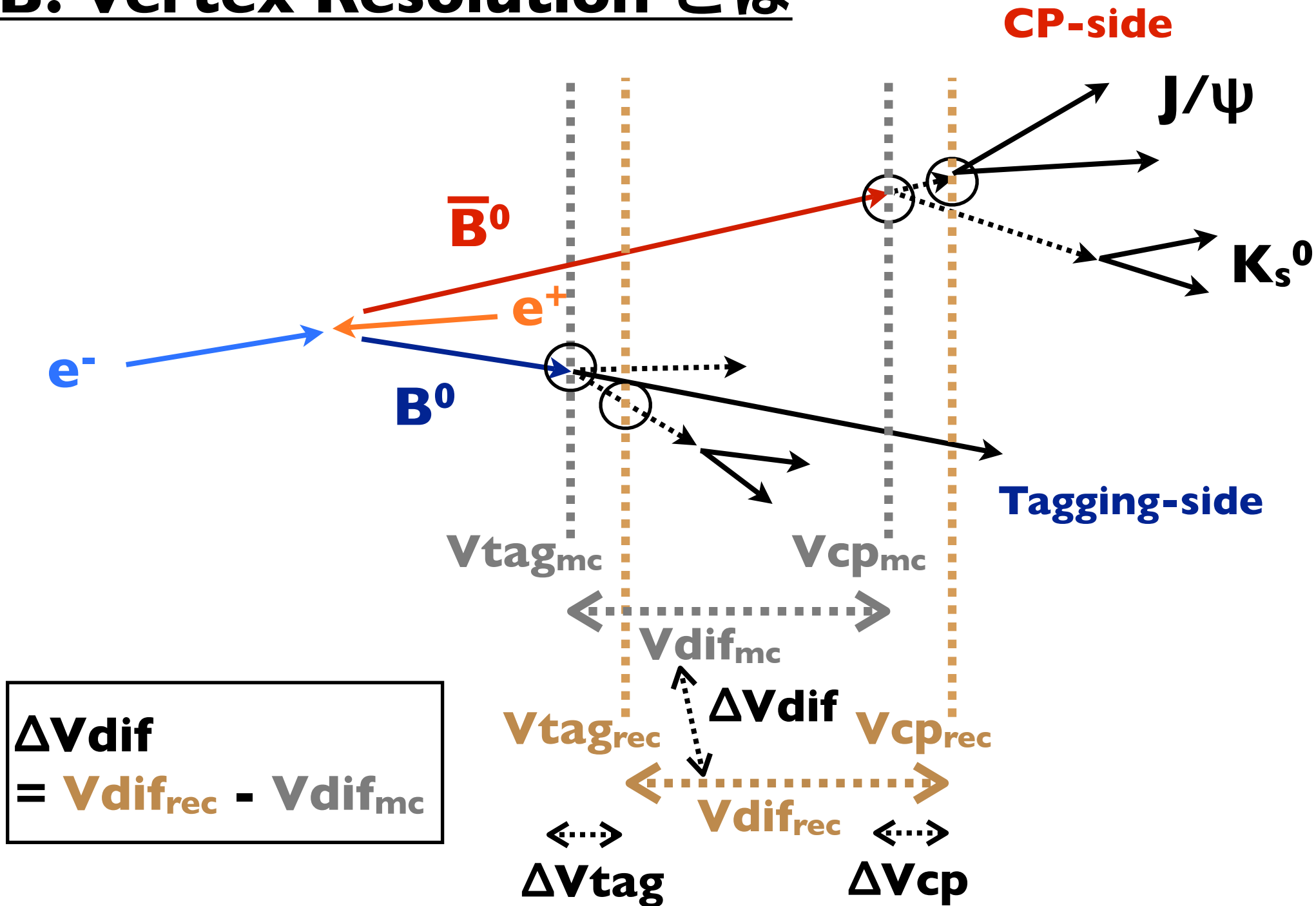
- ◆ KEKBのルミノシティは世界一
 - ▶ 増加するビームバックグラウンドに対処する必要
 - ▶ SVDのアップグレード（読み出しチップをAPV25に）
- ◆ APV25 の、ビームバックグラウンドの影響を抑える性能の評価
 - ▶ シミュレーションで高い性能が確認された
 - ▶ 線源テストでは、11 live channel の条件下でも、VAITA の約半分の Occupancy が確認された
- ◆ より低い Occupancy を得るために
 - ▶ 近日計画中の 512 live channel の実験に期待
 - ▶ 波形情報の利用も進行中

Backup Slides

B. 線源テスト 解析手順

1. **Raw ADC から、Pedestal、Common Mode Shift を差し引く**
2. **Hit Strip を探す**
 - ▶ **最初に、2種類の Threshold を用いて解析を試行**
 - ◆ **S/N > Ratio threshold (e.x. 4.0)**
 - ◆ **ADC > Constant threshold (e.x. 30.0 ~ 1/3 MIP)**
 - ▶ **最終的に、後者の Constant threshold を使用**
3. **Occupancy の計算**
4. **Occupancy の結果の fitting**

B. Vertex Resolution とは



Beam backgrounds should be concern

Synchrotron Radiation (SR) photons

generated in upstream magnets

generated in downstream (QCS) magnet

Shower caused by spent particles

beam-gas scattering

Touschek scattering

Radiative Bhabha origin

Neutrons from downstream beam line

Showers caused by over bend beams

	LER	HER	
Circumference	3016		m
RF Frequency	508.88		MHz
Horizontal Emittance	18	24	nm
Beam current	1662	1340	mA
Number of bunches	1388		
Bunch current	1.20	0.965	mA
Bunch spacing	2.1		m
Bunch trains	1		
Total RF volatage Vc	8.0	15.0	MV
Synchrotron tune ν_s	-0.0246	-0.0226	
Betatron tune ν_x / ν_y	45.505/43.534	44.509/41.565	
beta's at IP β_x^* / β_y^*	59/0.65	56/0.59	cm
momentum compaction α	3.31×10^{-4}	3.38×10^{-4}	
Estimated vertical beam size at IP σ_y^*	1.9	1.9	μm
beam-beam parameters ξ_x / ξ_y	0.117/0.105	0.070/0.056	
Beam lifetime	110@1600	180@1340	min.@mA
Luminosity (Belle Csl)	17.12		$10^{33}/\text{cm}^2/\text{sec}$
Luminosity records per day / 7days/ 30days	1.232/7.809/30.21		/fb