



# ATLAS実験

## シリコンストリップ飛跡検出器の 新しいノイズ評価方法

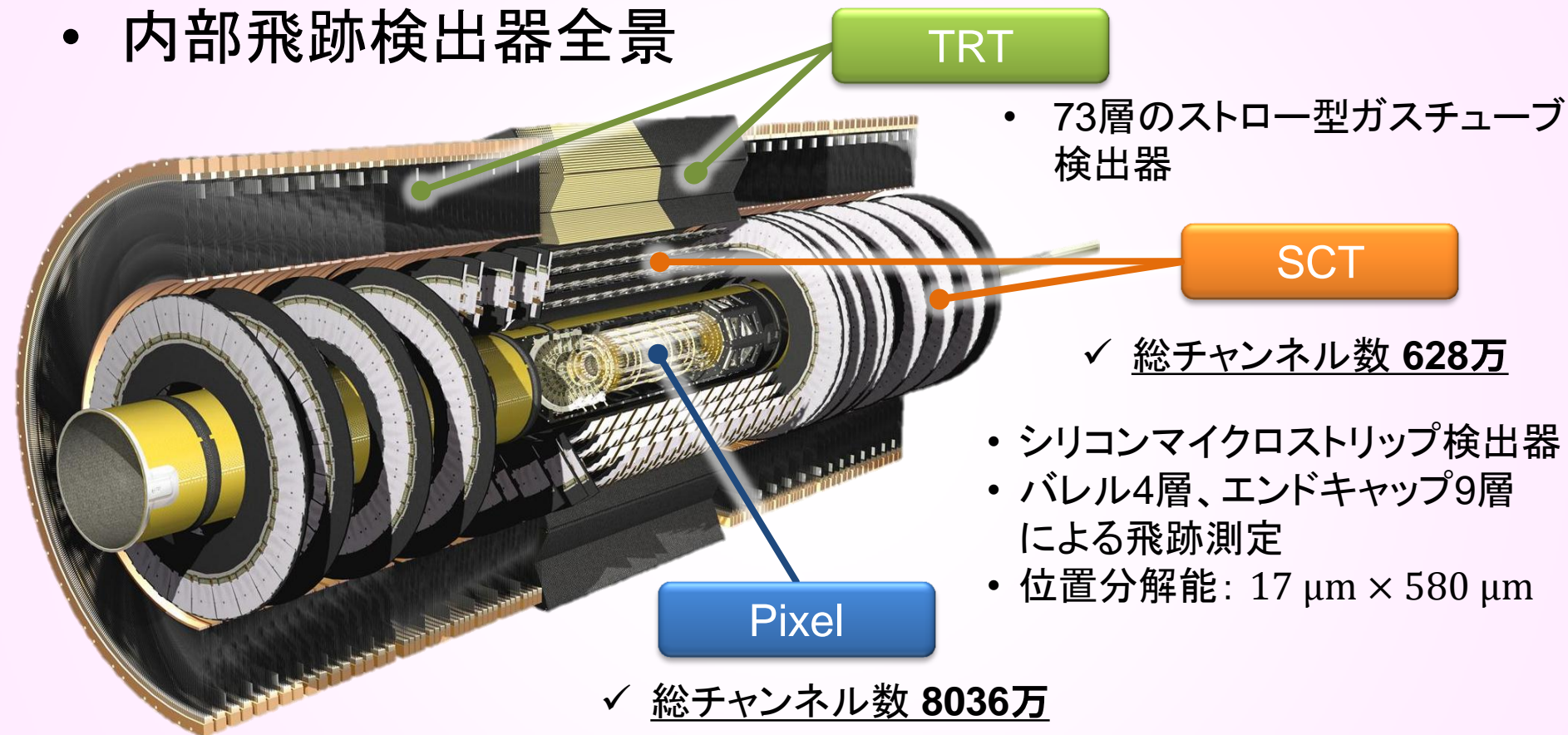
東京工業大学 基礎物理学専攻  
永井遼

岡村航<sup>A</sup>, 陣内修, 東城順治<sup>B</sup>, 池上陽一<sup>E</sup>, 木村直樹<sup>G</sup>, 近藤敬比古<sup>E</sup>,  
高嶋隆一<sup>D</sup>, 田窪洋介<sup>E</sup>, 寺田進<sup>E</sup>, 永井康一<sup>F</sup>, 中野逸夫<sup>C</sup>,  
花垣和則<sup>A</sup>, 原和彦<sup>F</sup>, 寄田浩平<sup>G</sup>

東工大, 阪大<sup>A</sup>, 九州大<sup>B</sup>, 岡山大<sup>C</sup>, 京都教育大<sup>D</sup>,  
高工研<sup>E</sup>, 筑波大<sup>F</sup>, 早大理工研<sup>G</sup>, 他アトラスSCTグループ

# ATLAS内部飛跡検出器

## 内部飛跡検出器全景



TRT

- 73層のストロー型ガステーブ検出器

SCT

✓ 総チャンネル数 628万

- シリコンマイクロストリップ検出器
- バレル4層、エンドキャップ9層による飛跡測定
- 位置分解能:  $17 \mu\text{m} \times 580 \mu\text{m}$

Pixel

✓ 総チャンネル数 8036万

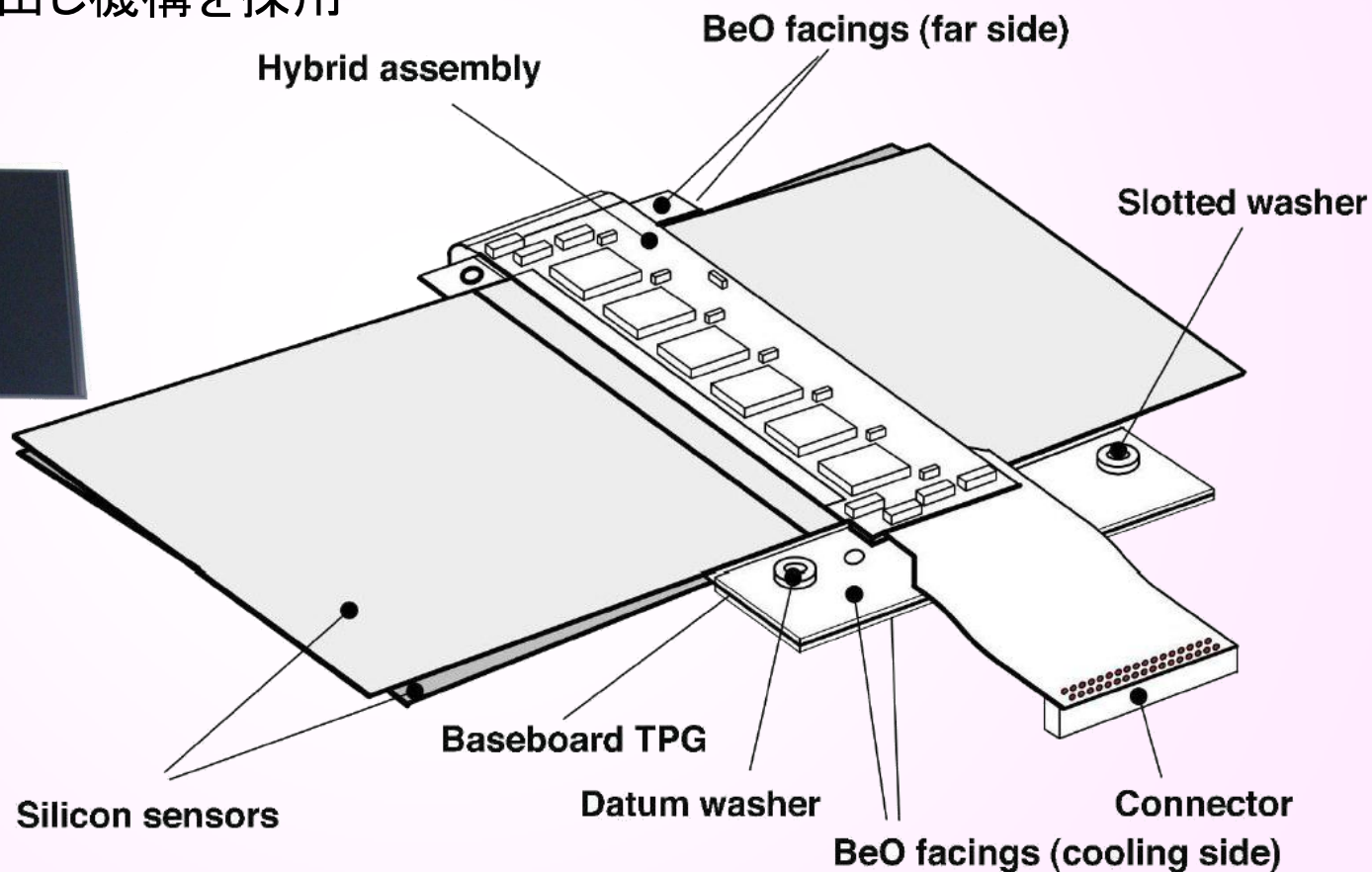
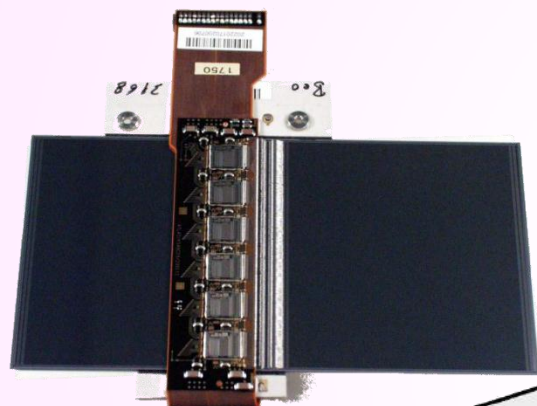
- シリコンピクセル型検出器
- バレル・エンドキャップ3層による飛跡、衝突・崩壊点測定
- ToTによる $dE/dx$ 測定
- 位置分解能:  $12 \mu\text{m} \times 60 \mu\text{m}$

# SCTモジュール

- 総モジュール数 2112(バレルのみ)

ストリップ数:768

- バイナリ読み出し機構を採用

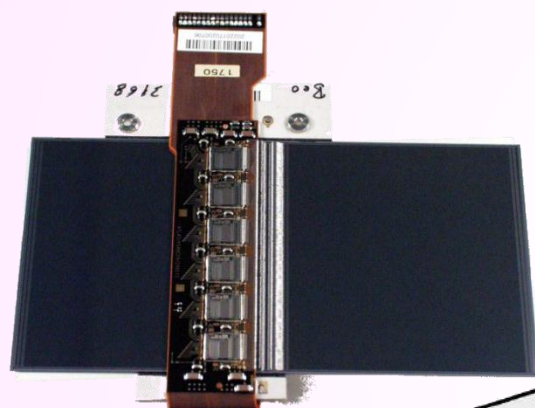


# SCTモジュール

- 総モジュール数 2112(バレルのみ)

ストリップ数:768

- バイナリ読み出し機構を採用



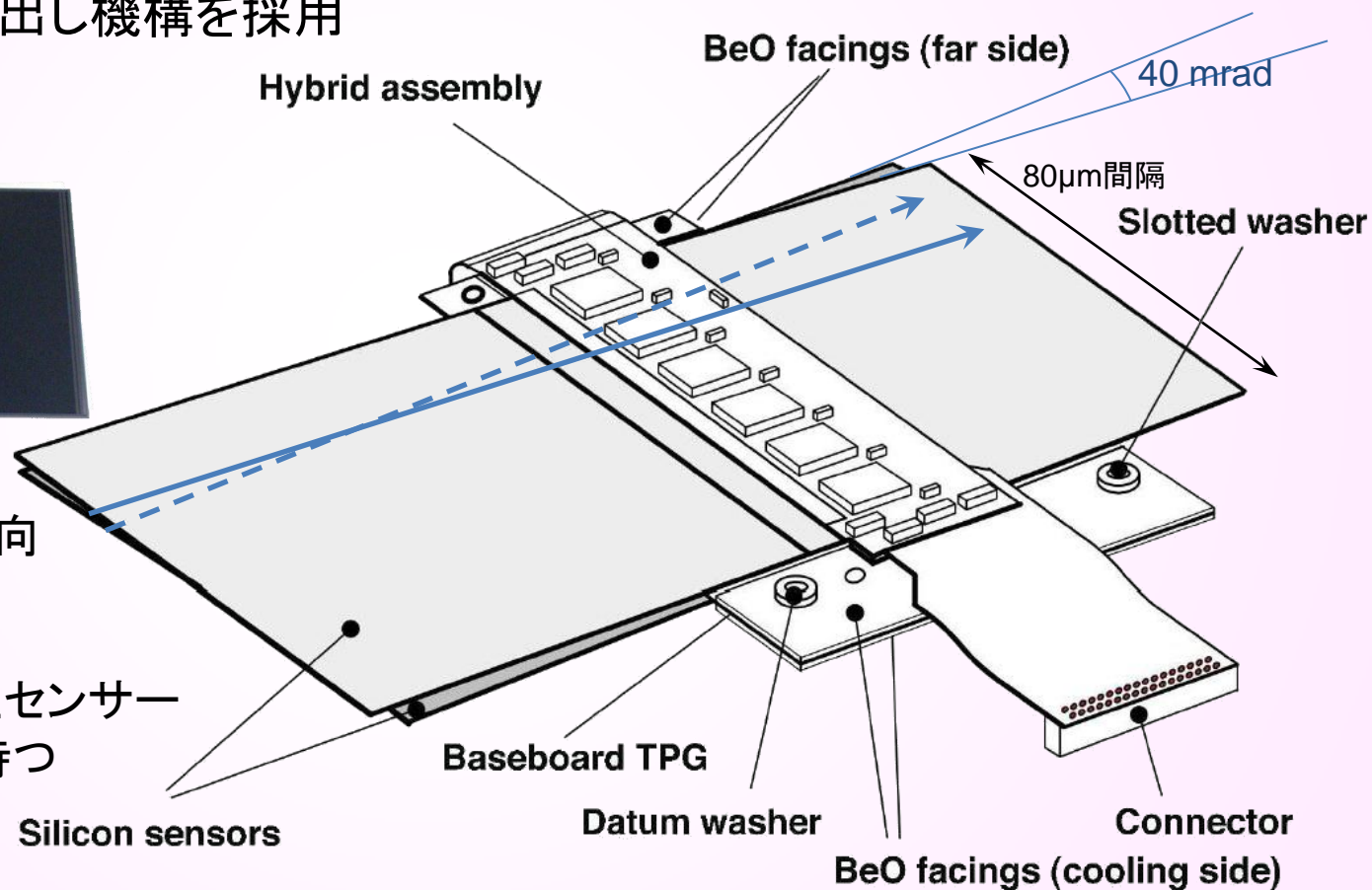
ストリップ方向

表裏に張り合わせたセンサー  
40 mrad の角度を持つ



2次元での検出が可能

ヒットした表裏のストリップの交点 → スペースポイント



# SCTの収集時ノイズ測定

- SCTモジュールの特徴を生かしたノイズ測定 (次頁)
- ノイズの評価変数として、Noise Occupancyを用いる

✓ Noise Occupancy の定義

「ストリップあたりのノイズ占有率」

$$NO = \frac{\text{ノイズによるヒット数}}{\text{全イベント数}}$$

※計算式はストリップあたり

- これにより、SCTのノイズを評価するための新しい測定法の検証を行った

# 現行のSCTノイズ評価法

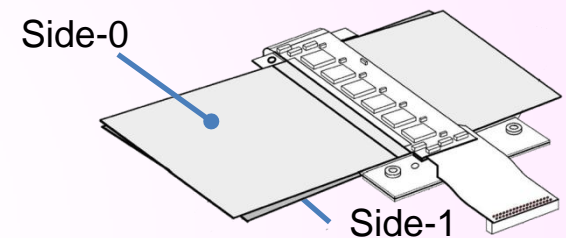
- スペースポイント減算法 (SP減算法)
  - 荷電粒子はSCTモジュールにスペースポイントをつくる
  - 全ヒット数からスペースポイントを形成するヒット数を減算
    - 残ったものはノイズヒットの良い候補。
  - さらに、スペースポイントが観測されたストリップは外す
    - トラックのノイズへの影響を減らすため。

$$NO = \frac{1}{N_{\text{events}}} \times \sum_{\text{events}} \frac{N_{\text{hits}} - N_{\text{SPs}}}{N_{\text{strips}} - N_{\text{SPs}}}$$

スペースポイントの判定と煩雑な計算が必要

# 新しい衝突時ノイズ評価方法

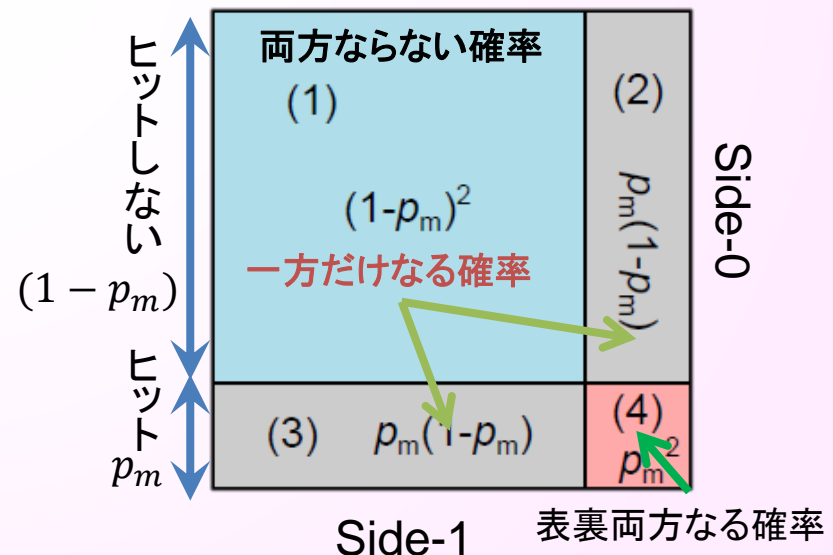
- 現行の方法 (SP減算法)
  - 全ヒット数からSP情報を除く計算を各イベントで行い、平均化
- 新しい手法
  - モジュールの片面のみヒットした数と両面ともヒットなしの数をカウント



$$R = \frac{\text{片側ヒットの確率(2)(3)}}{\text{両サイドヒットなしの確率(1)}}$$

$$\Rightarrow \boxed{NO = \frac{1}{N_{\text{strips}}} \frac{R}{2 + R}}$$

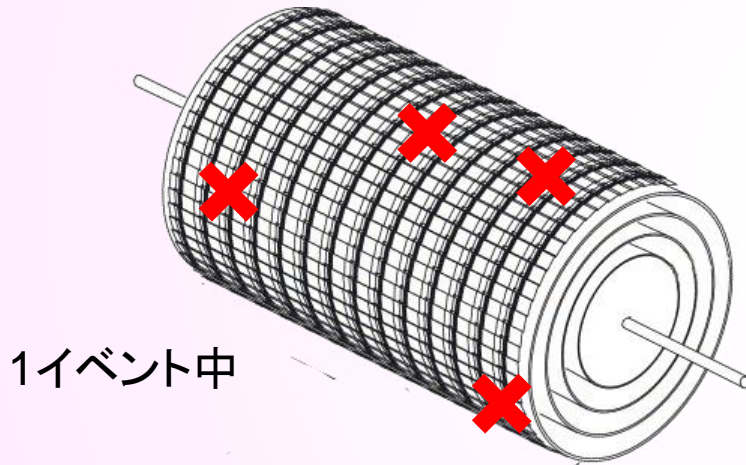
**Rの値のみで検査可能！**



# R値の計算法

$$R = \frac{\text{片側ヒットの確率}}{\text{両サイドヒットなしの確率}} \Rightarrow R = \frac{\text{片側ヒットの単位当たりでの数}}{\text{両サイドヒットなしの単位当たりでの数}}$$

## • イベント毎に計算

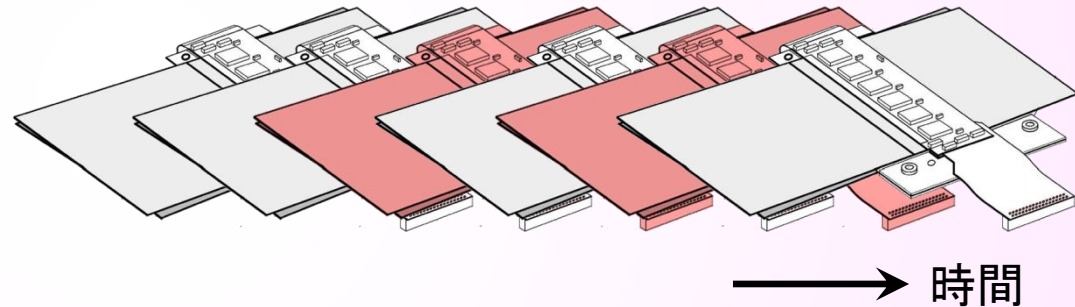


1イベント中

1イベント中にある、

- 片側ヒットしたモジュール数
  - 両側ヒットしなかったモジュール数
- をかぞえる

## • モジュール毎に計算



各モジュールに着目し、

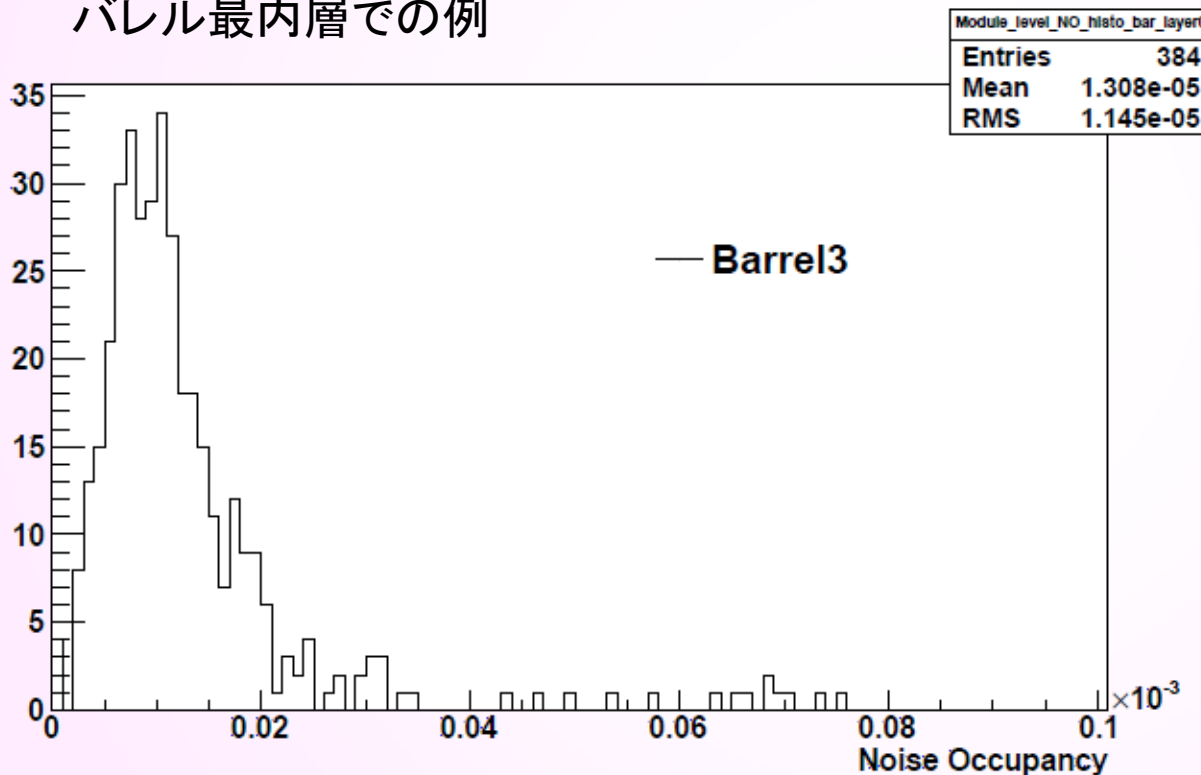
- 片側ヒットしたイベント数
  - 両側ヒットしなかったイベント数
- をかぞえる



# モジュール毎のNoise Occupancy

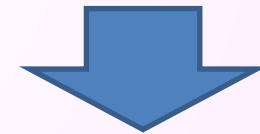
- 単一の衝突RunでR値を計算→NOを算出

バレル最内層での例



平均値  $\sim 10^{-5}$

これは想定されるNoise Occupancyの値に相当！



各モジュールで一対一に対応しているか？

# モジュール毎のNoise Occupancy

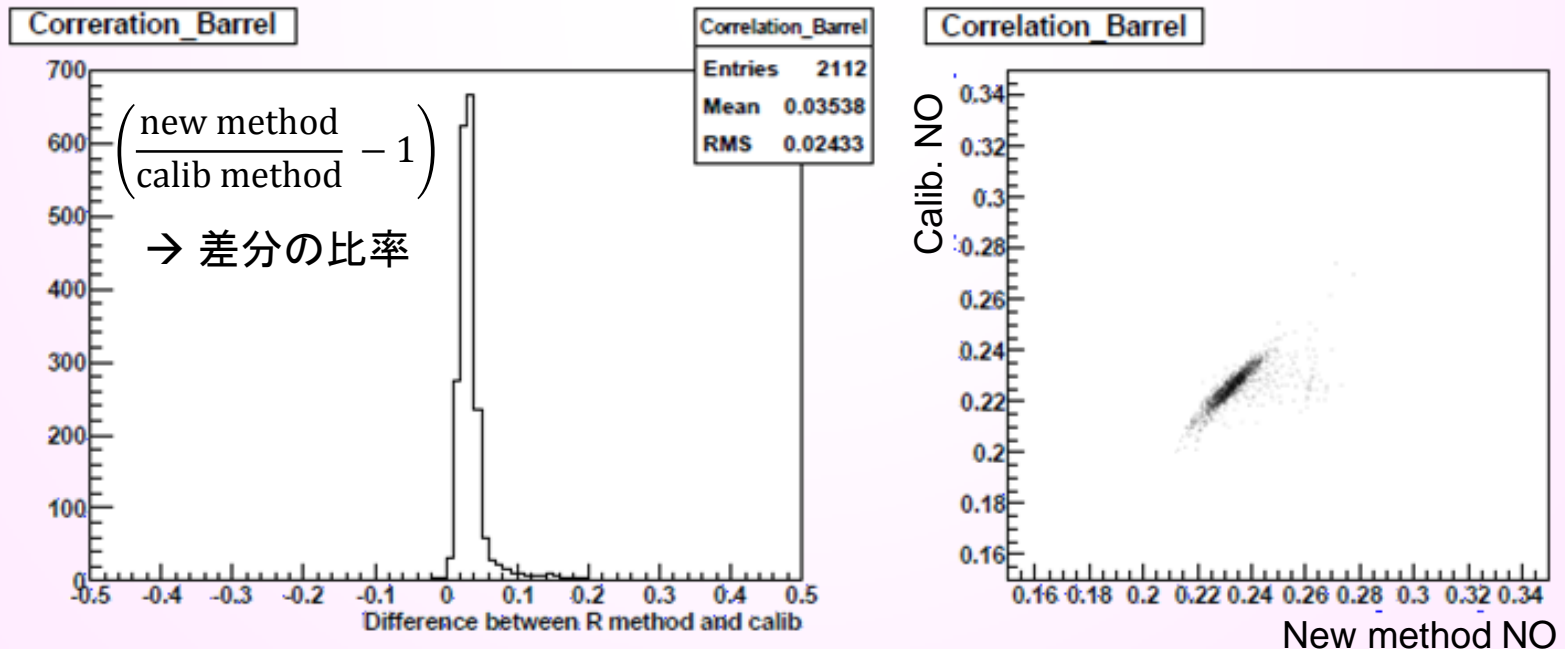
- 単一の衝突RunでR値を計算→NOを算出
- ENC(等価雑音電荷)に変換

非衝突校正とは、陽子陽子衝突なし、SCTのデータ収集のみONになっている校正のために行う試験

$$NO = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{Q_{\text{th}}}{\sqrt{2} \text{ENC}} \right)$$

現行のSP減算法では、ENCによる非衝突時ランとの評価が行われていたため

衝突時と非衝突校正での比較



# モジュール毎のNoise Occupancy

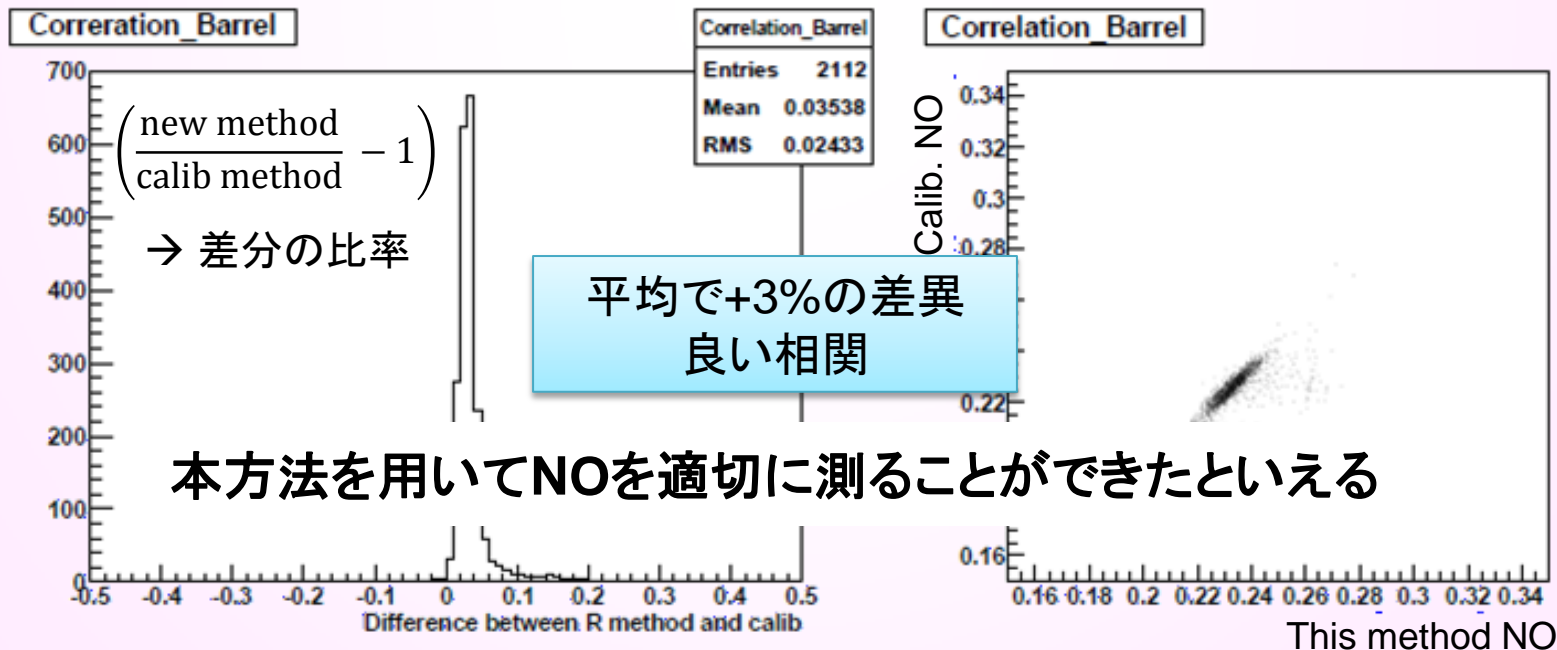
- 単一の衝突RunでR値を計算→NOを算出
- ENC(等価雑音電荷)に変換

非衝突校正とは、陽子陽子衝突なし、SCTのデータ収集のみONになっている校正のために行う試験

$$NO = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{Q_{\text{th}}}{\sqrt{2} \text{ENC}} \right)$$

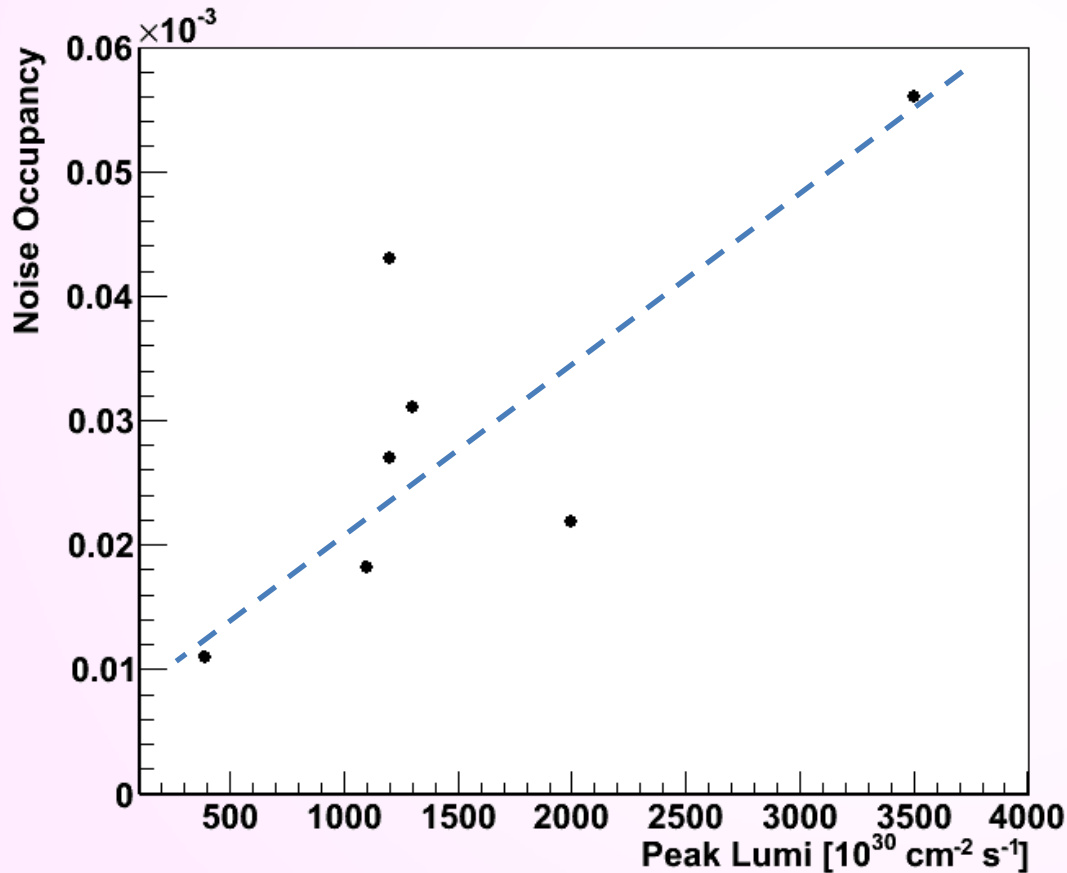
現行のSP減算法では、ENCによる非衝突時ランとの評価が行われていたため

衝突時と非衝突校正での比較



# LHC輝度との関係

- データ収集時NOが較正Runと比較して大きい傾向
- 複数RunでNoise Occupancyを計算→ 相関図を作った

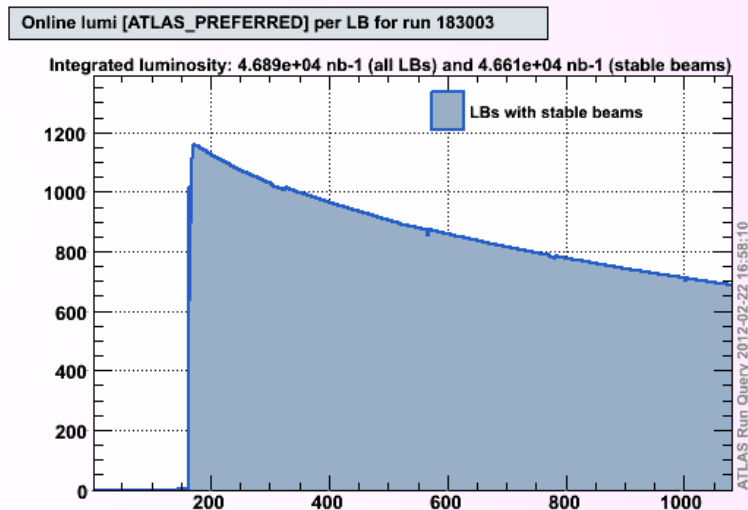
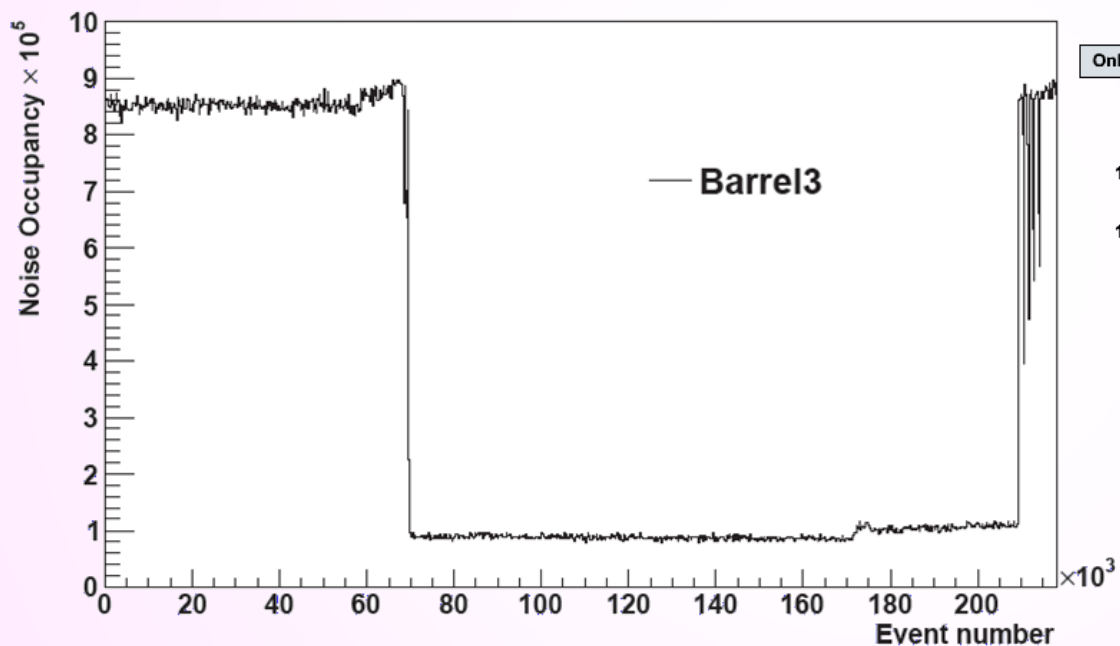


- 正の相関がみられる

ビーム粒子との関係が示唆  
→ 今後の課題。

# イベント毎のNoise Occupancy

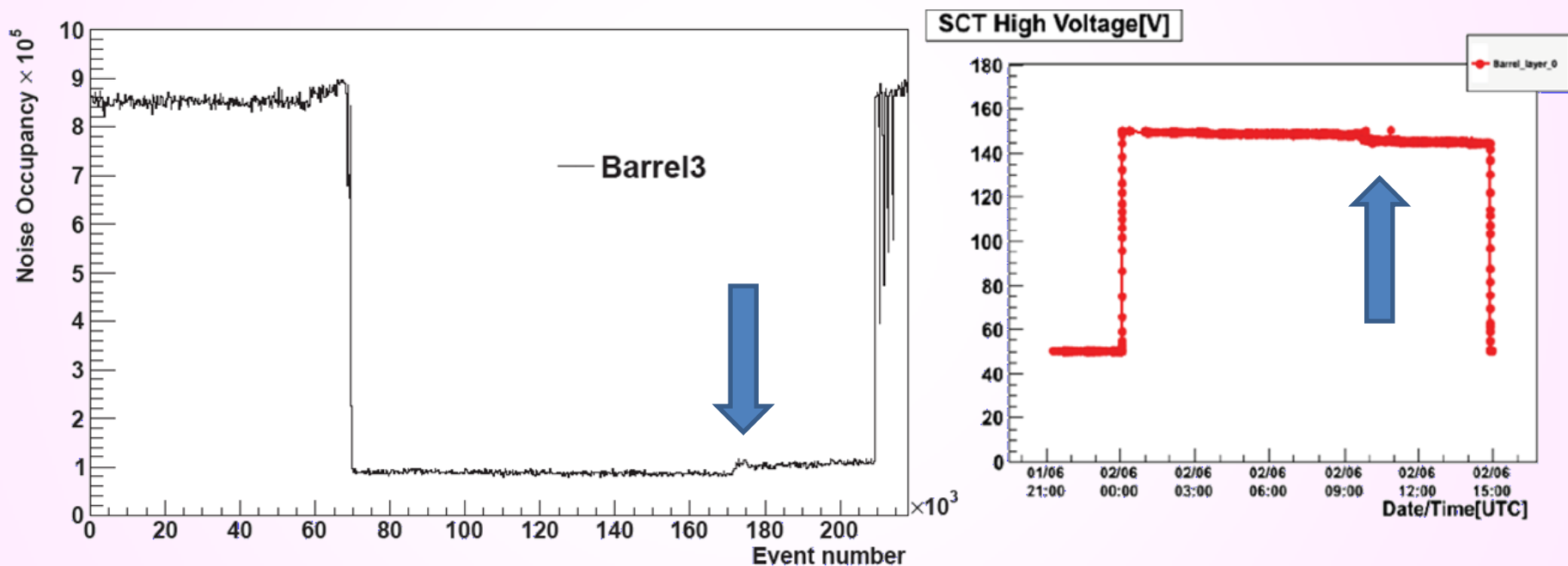
- 各イベントで $R$ 値を計算 → NOを算出
- Noise Occupancyの時間変化に相当



→ 時間に相当

# イベント毎のNoise Occupancy

- 各イベントで $R$ 値を計算 → NOを算出
- Noise Occupancyの時間変化に相当



→ 時間に相当

検出器状態との相関が見えている

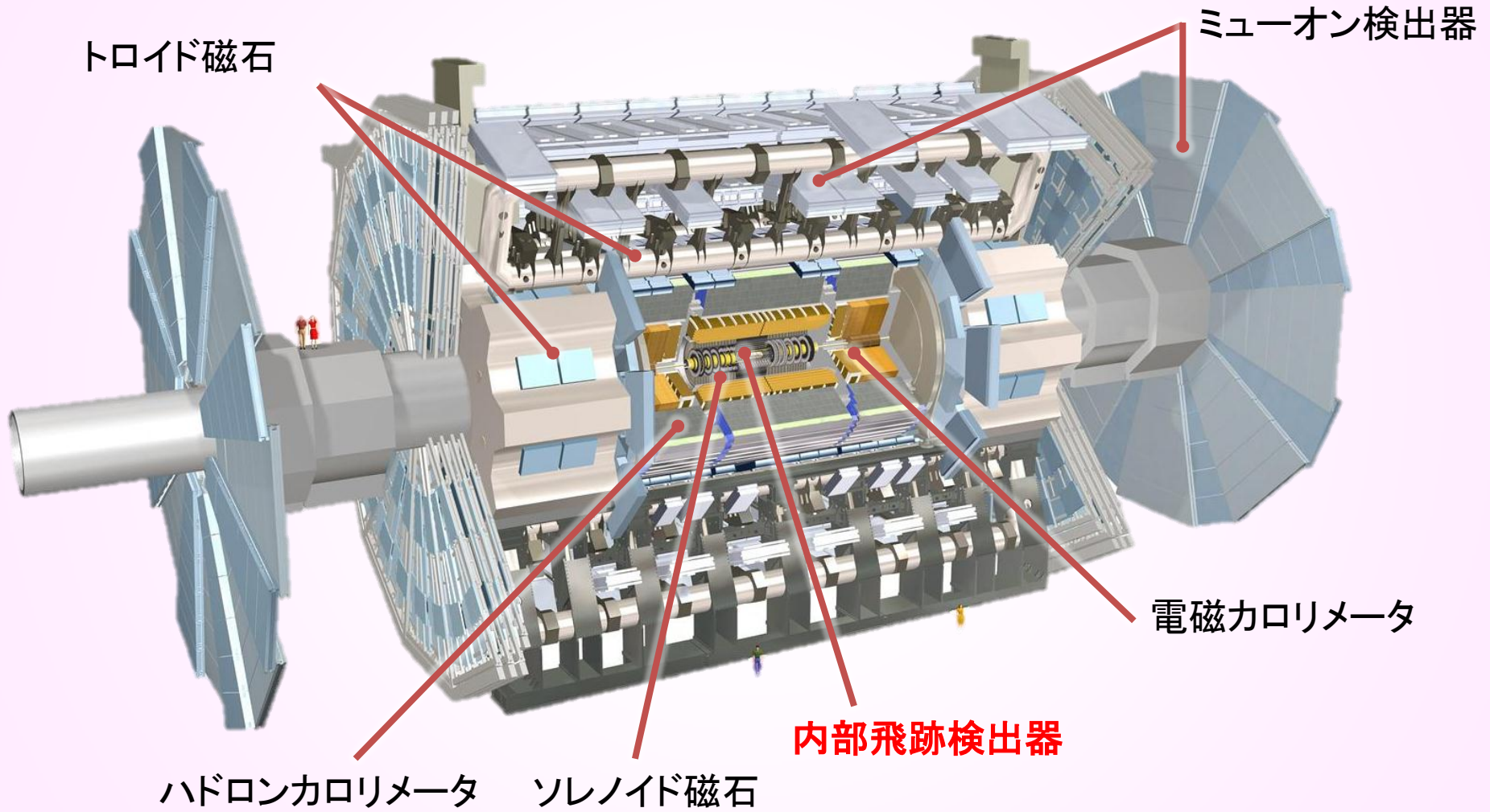
# まとめと展望

- 新しいNoise Occupancy評価法では荷電粒子のトラッキング情報を必要とせず、**単位当たりのイベント数のカウンティングのみによって**ノイズを計算可能
- モジュール毎のNoise Occupancy評価において、数%程度の「ずれ」があるが、**想定されている程度の値**を出すことができた
- 非衝突較正との「ずれ」が今後の課題として残る
  - バックグラウンド起源
- Noise Occupancyの時間変化を観測することで、モジュールのHV**状態と相関がある**ことを確認した
- HV以外についても相関が見えることが期待される

**Back up**



# LHC-ATLAS実験



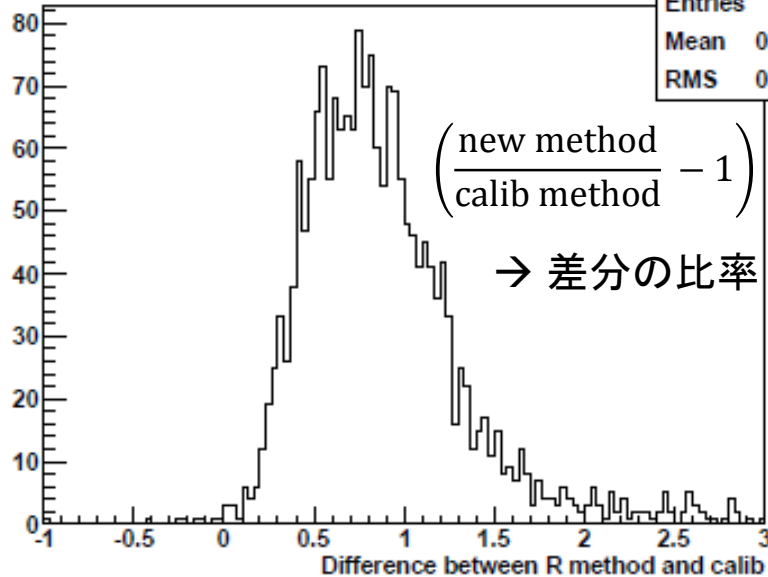
# モジュール毎のNoise Occupancy

- 単一の衝突ランで、各モジュールでR値を計算  
→ NOの算出

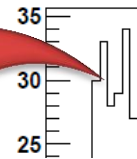
非衝突ランとは、陽子陽子衝突なし、SCTのデータ収集のみONになっている較正のための試験ラン

衝突ランと非衝突較正ランでの比較

Correlation\_Barrel

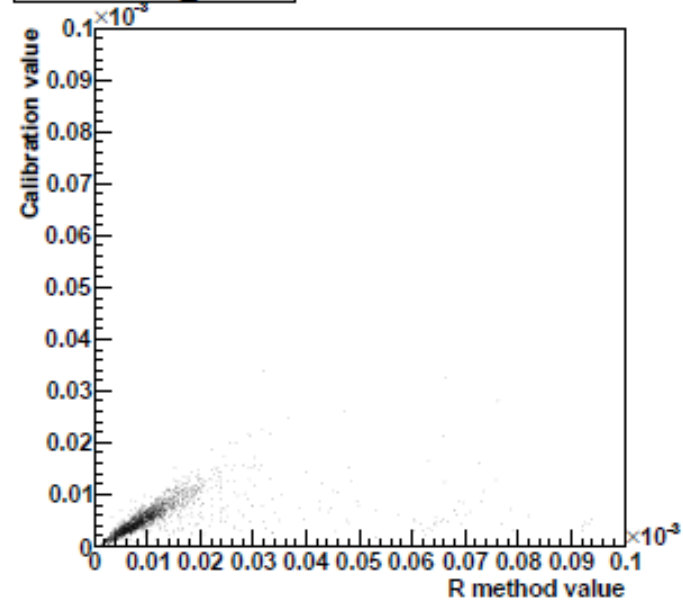


Correlation_Barrel	
Entries	2112
Mean	0.8804
RMS	0.4583



— Barrel3

Correlation\_Barrel

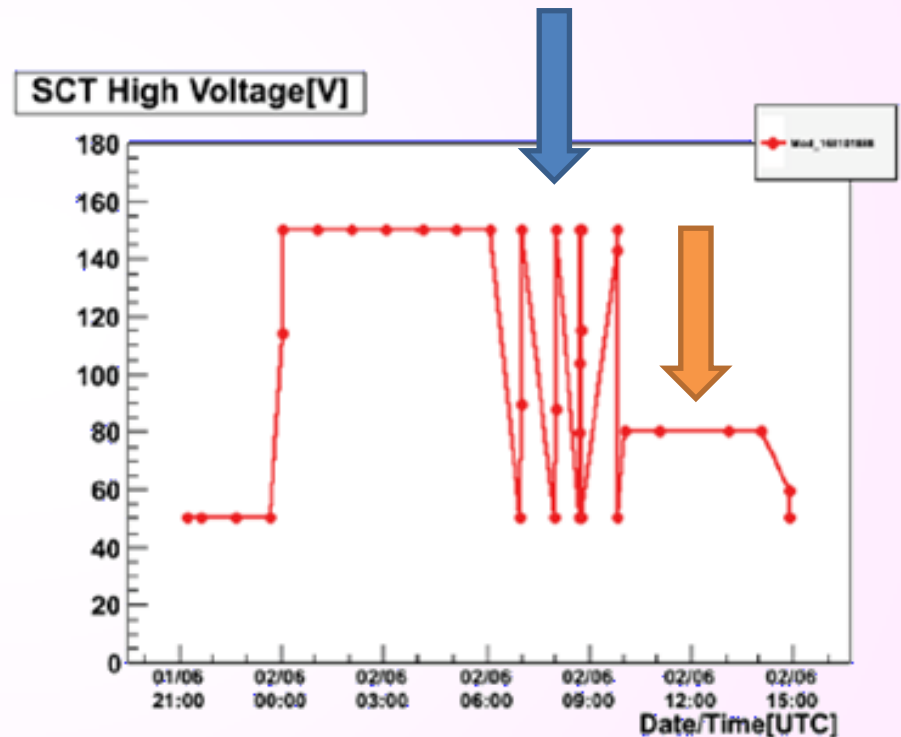
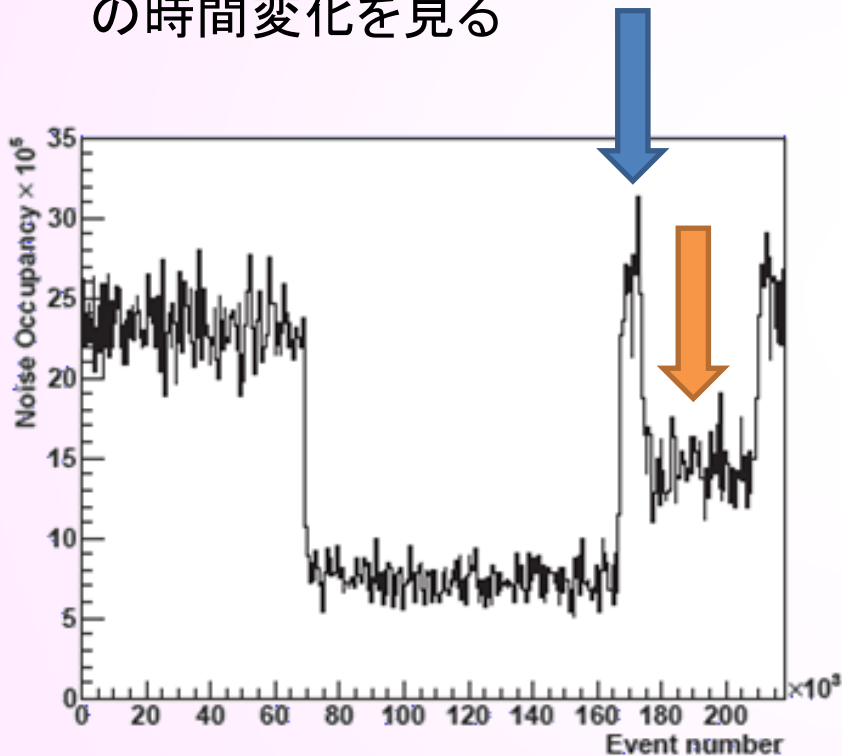


Module_level_NO_histo_bar_layer0	
Entries	384
Mean	1.308e-05
RMS	1.145e-05

$\times 10^{-3}$   
 0.1  
 ancy

# 1モジュールでのNO評価

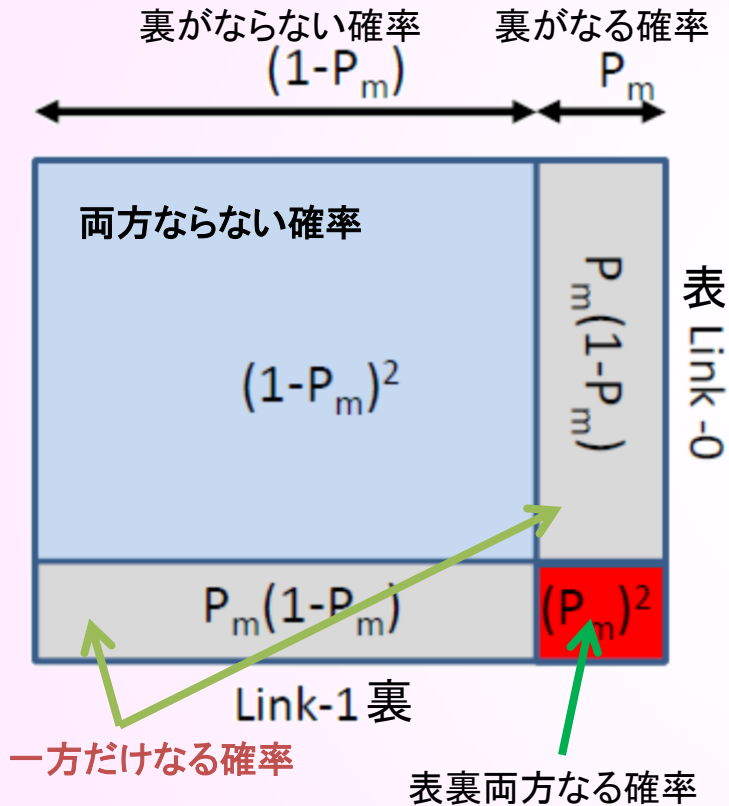
- イベント毎Noise Occupancyを1モジュールに適用
- ラン平均Noise Occupancyが $5 \times 10^{-5}$ より大きいものでNoise Occupancyの時間変化を見る



HVの不具合時間、低電圧時間に一致！

# R Method

## トラックなしのイベントを考える



- ノイズによってモジュールがなる確率  $p_m$  を求めたい
- この際に、両方ならない確率と一方だけなった確率を考慮する  
 $R = \frac{\text{(one-side-only)}}{\text{(no-hits)}}$  を定義
- この  $R$  を  $p_m$  で表す...  $p_m$  について解く  

$$R = \frac{p_m(1-p_m)}{(1-p_m)^2} \Rightarrow p_m = \frac{R}{2+R}$$
- 確率  $p_m$  は各モジュールでの値なので、ストリップごとにする

$$p_m \approx N_s p_s, \quad p_s = \text{NO}$$

**Rを出せば、NOが求まる！**

$$\text{NO} = \frac{1}{N_s} \frac{R}{2+R}$$