

NEWAGE実験39： CF₄ 0.1気圧中での反跳原子核の前後判定

矢ヶ部 遼太, 身内賢太郎, 橋本隆
池田智法, 帝釋 稜介, 中村輝石
他NEWAGEグループ

日本物理学会 第71回年次大会

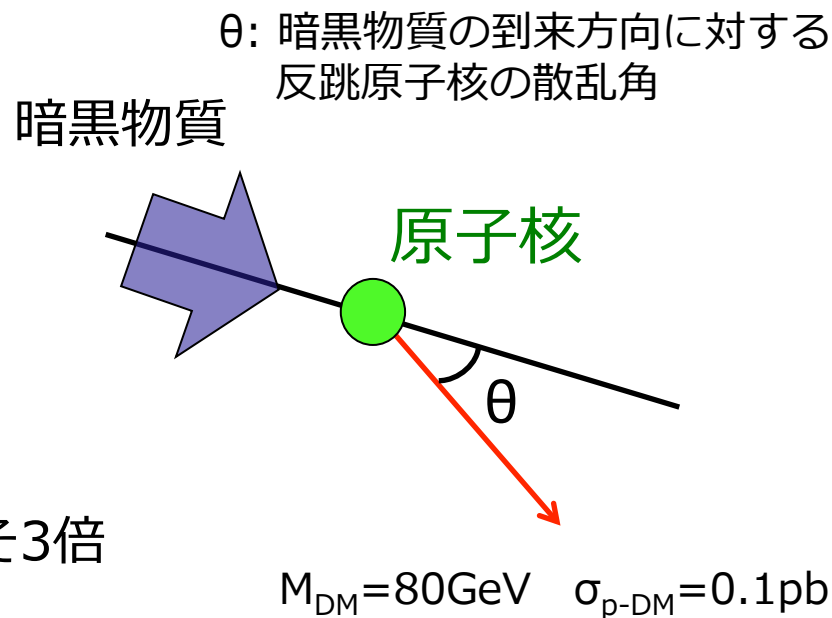
■ 飛跡の前後判定

現行の解析：

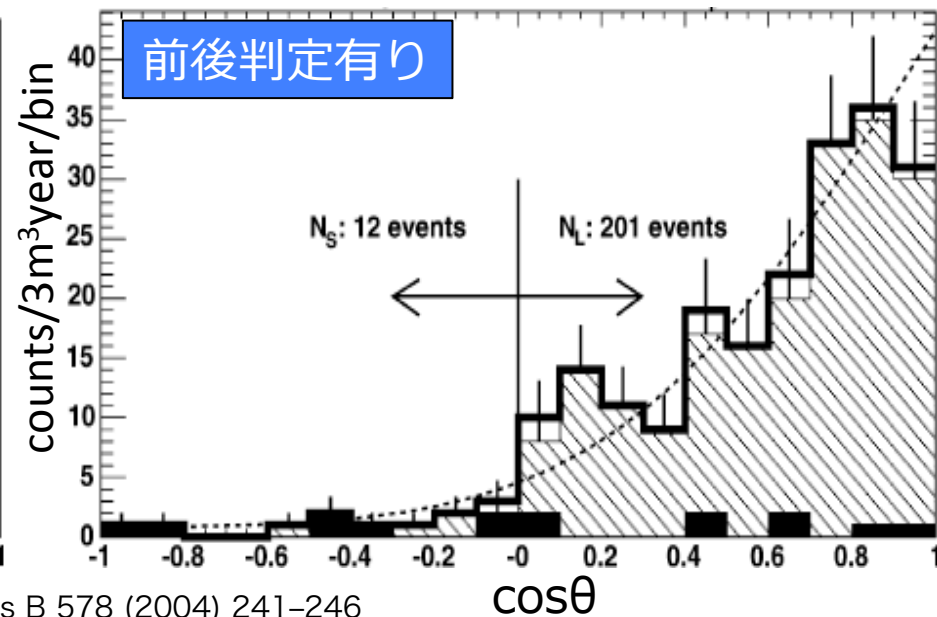
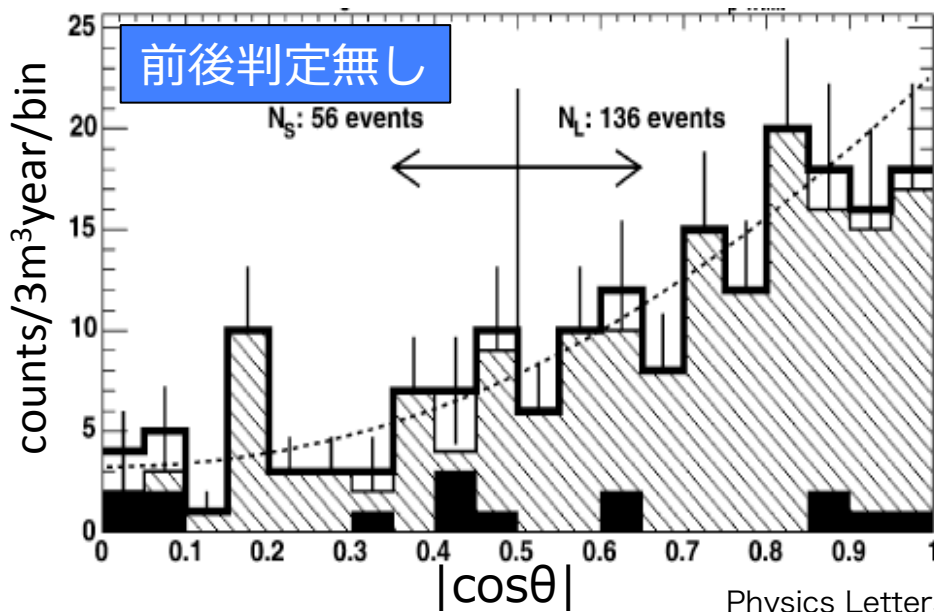
- 飛跡に向きの情報は無し
- $|\cos\theta|$ 分布が得られる

前後判定を含めた解析：

- $\cos\theta$ 分布が得られる
- 前方散乱がより明確、感度はおよそ3倍



予想される $\cos\theta$ 分布



Physics Letters B 578 (2004) 241-246

■ 先行研究

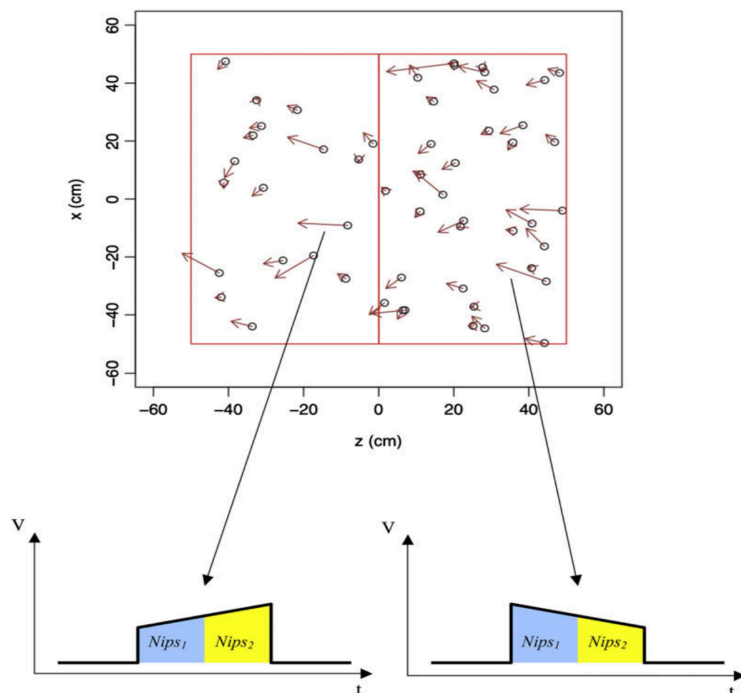
DM-TPC

- 飛跡の2次元的な前後判定を初観測
- エネルギー500keV以上

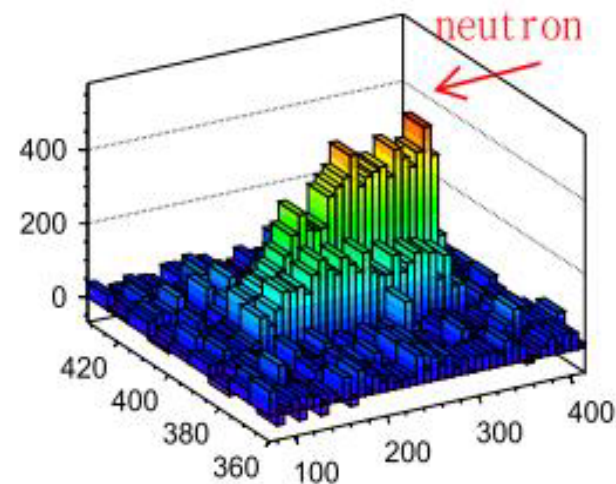
DRIFT

- 飛跡の1次元的な前後判定を観測
- エネルギー50keV以上

APP31(2009)261



NIM584(2008)327



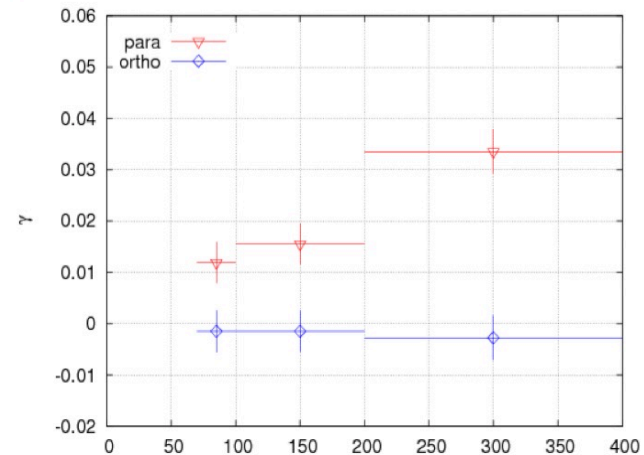
■ 先行研究

NEWAGE(JPN)

- NEWAGE 身内 2011秋学会
- CF4 0.2気圧で、
飛跡の2次元的な前後判定を統計的に観測
- エネルギー70keV以上

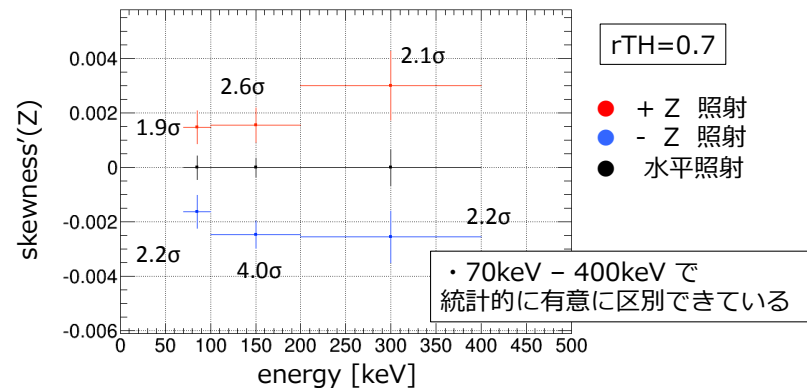
- NEWAGE 矢ヶ部 2015秋学会
- CF40.2気圧で、FADCの波形を用いて、
残り1次元の前後判定を統計的に観測
- エネルギー70keV以上

- 前後判定の先行研究では、0.2気圧で行われてきたが、
神岡に設置されたダークマター探索用の検出器では、CF4の気圧は0.1気圧。
- 本研究では、この0.1気圧での前後判定について発表する。



$$\text{skewness}'(Z) = \text{skewness}(Z) - \text{skH}$$

skH : 水平方向からの照射によるskewness(Z)の中心値



■ 前後判定の手法

● 低エネルギー領域でのブラッグ曲線

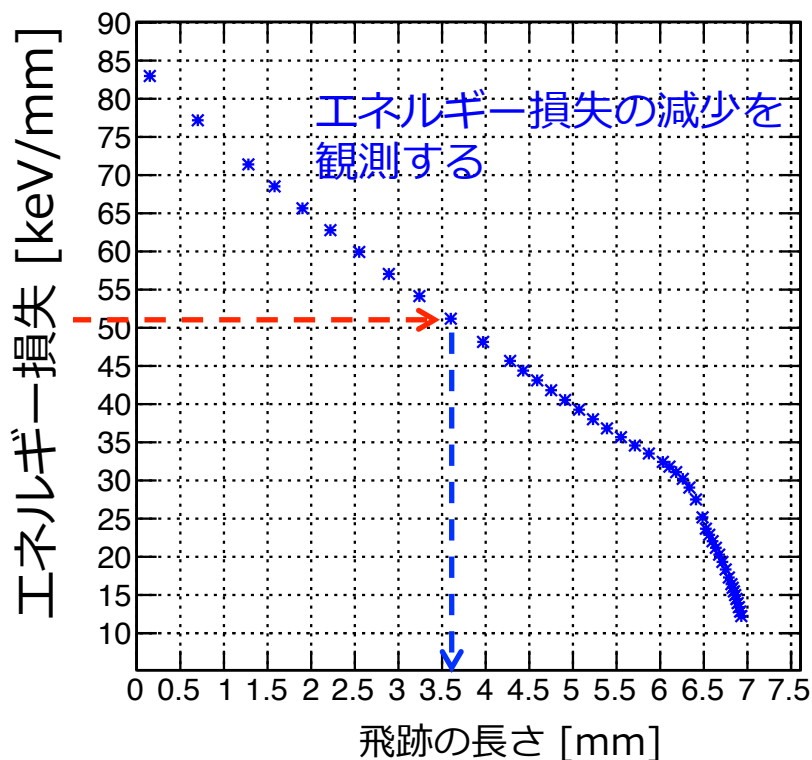
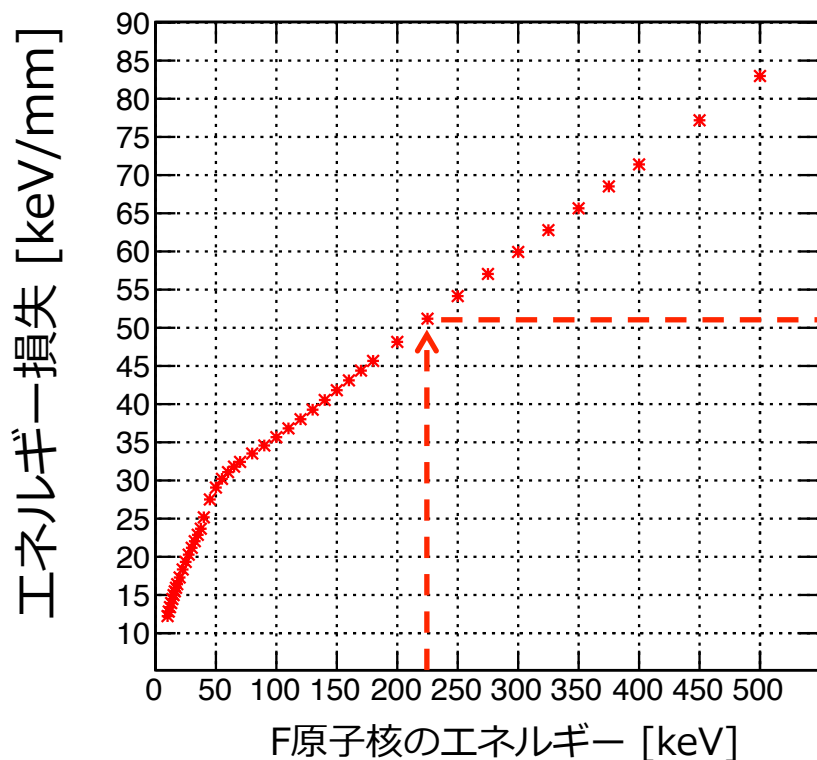
飛跡に沿ってエネルギー損失は減少する。

始点：エネルギー損失(大)、終点：エネルギー損失(小)



CF₄ 0.1気圧

飛跡に沿ったエネルギー損失の詳細な情報が必要。



■ NEWAGE-0.1a

地上での基礎開発用の小型検出器

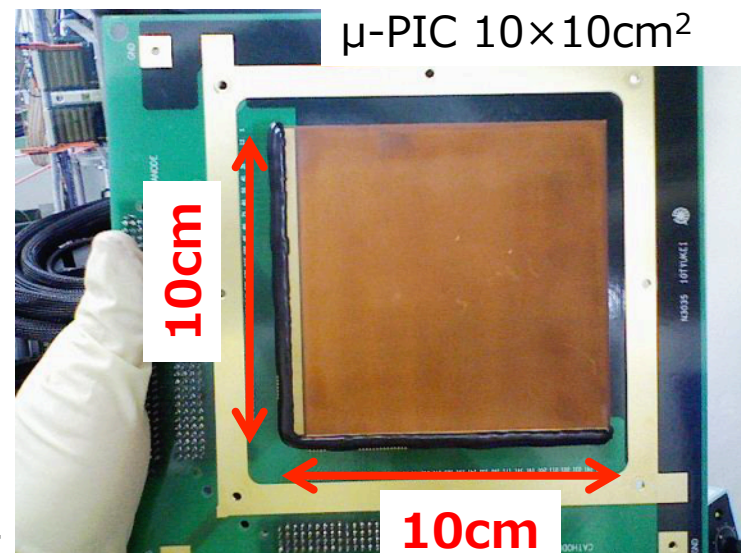
● 検出器の仕様

μ -TPC : $10 \times 10 \times 10 \text{cm}^3$

μ -PIC : $10 \times 10 \text{cm}^2$ 、 $400 \mu\text{m}$ ピッチ

GEM : LCP $100 \mu\text{m}$ 、 $\phi 70 \mu\text{m}$ 、 $140 \mu\text{m}$ ピッチ

GAS : CF_4 0.1気圧、ゲイン 約3000

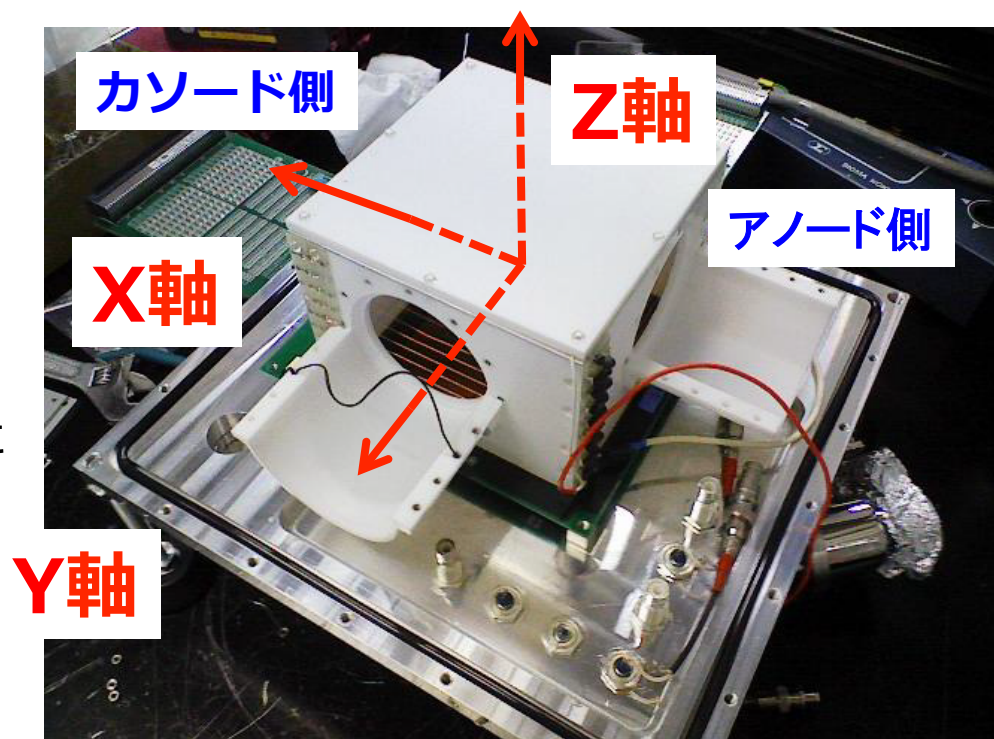


● 位置情報 :

アノード、カソードの
ストリップのヒット情報

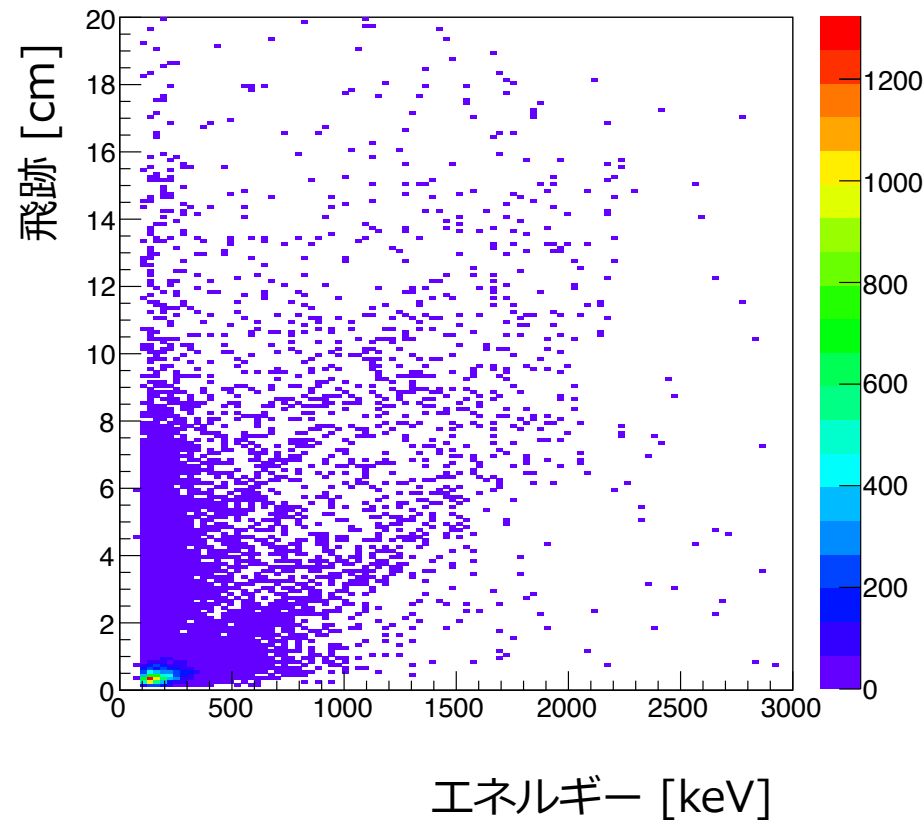
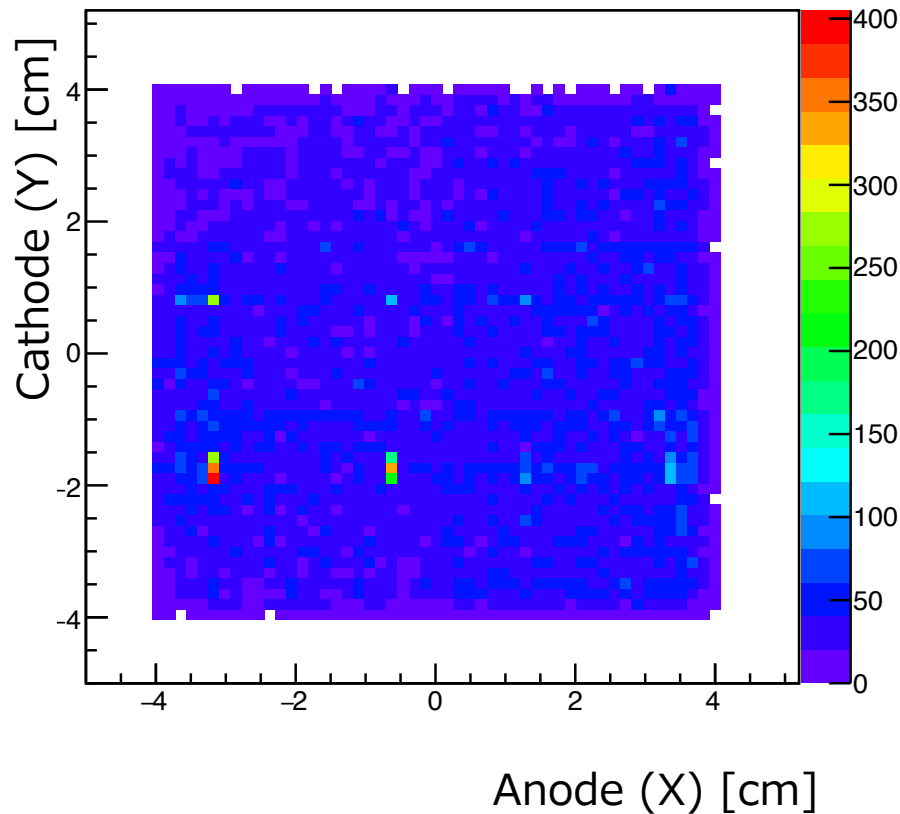
● 電荷情報 :

FADC(Flash ADC)のsumされた
波形情報



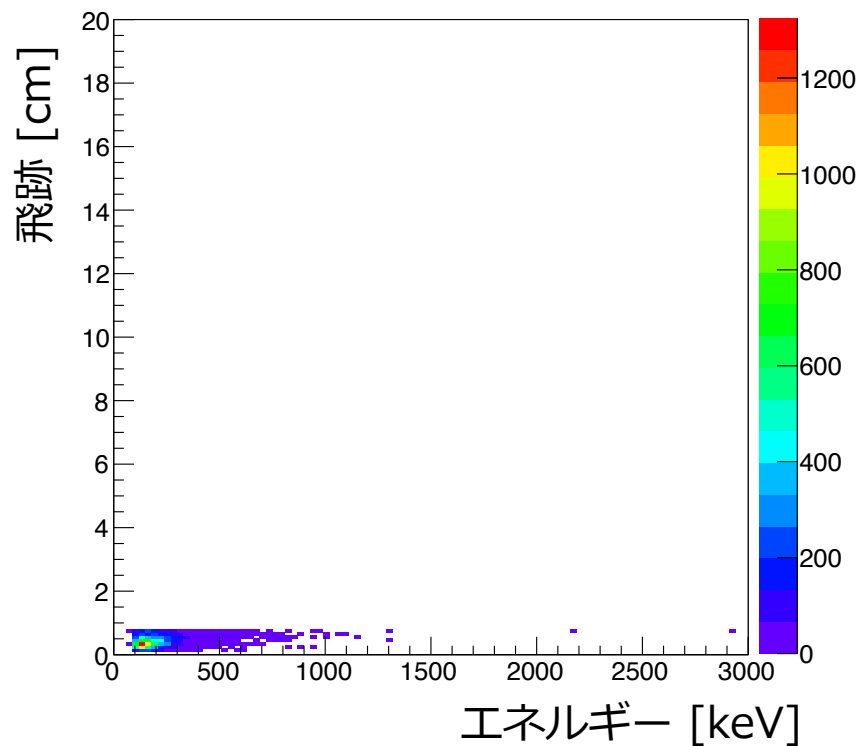
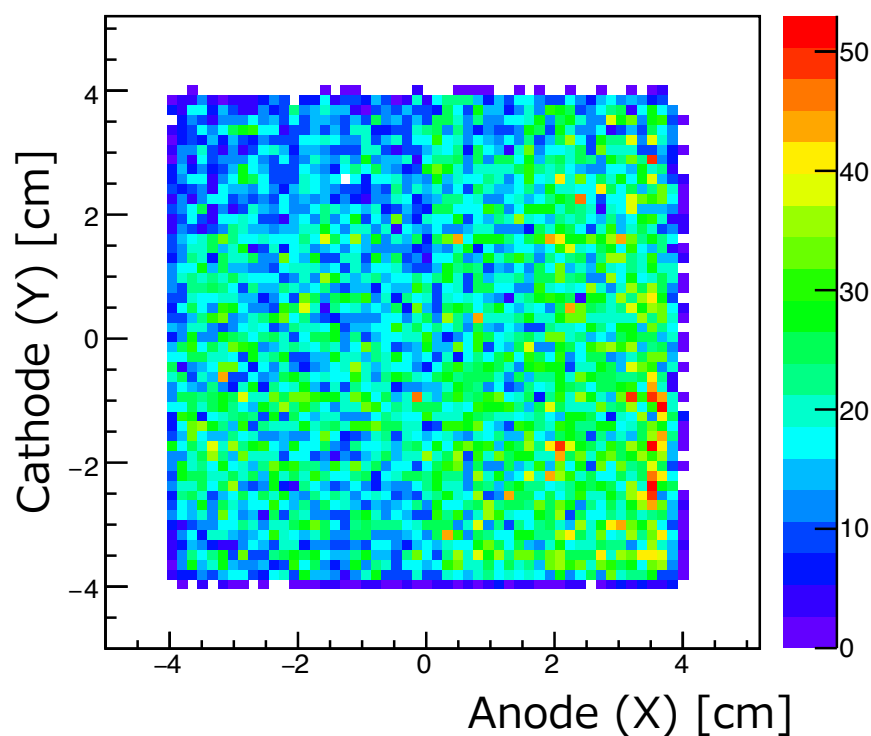
■ 実データ

- +X(15cm, 0, 0) 方向から、 ^{252}Cf 由来の中性子を照射したデータ例
- fiducial cut : $-4 \text{ cm} \leq x, y \leq 4 \text{ cm}$



■ 実データ

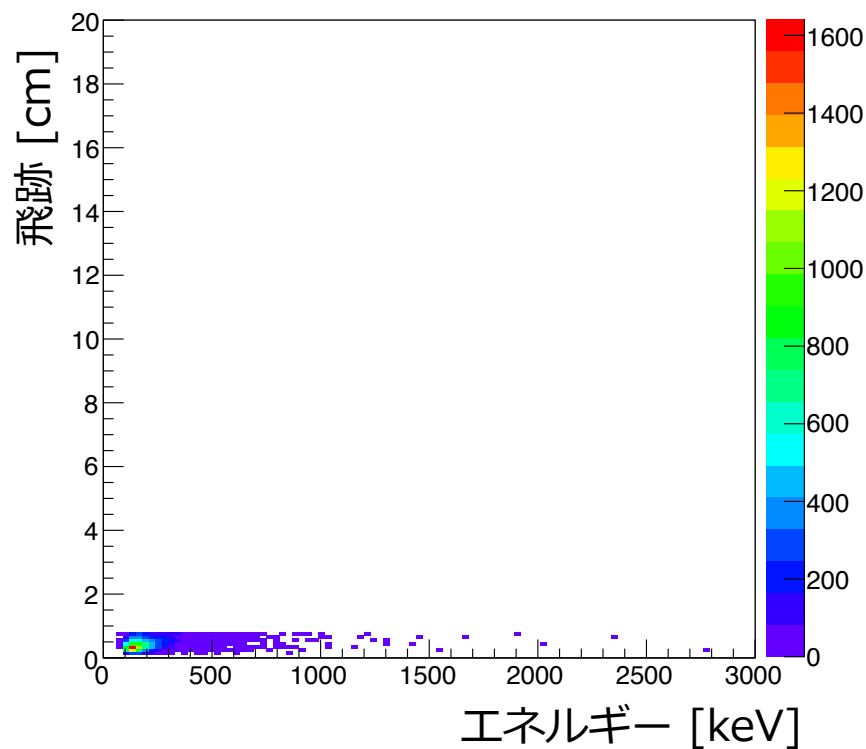
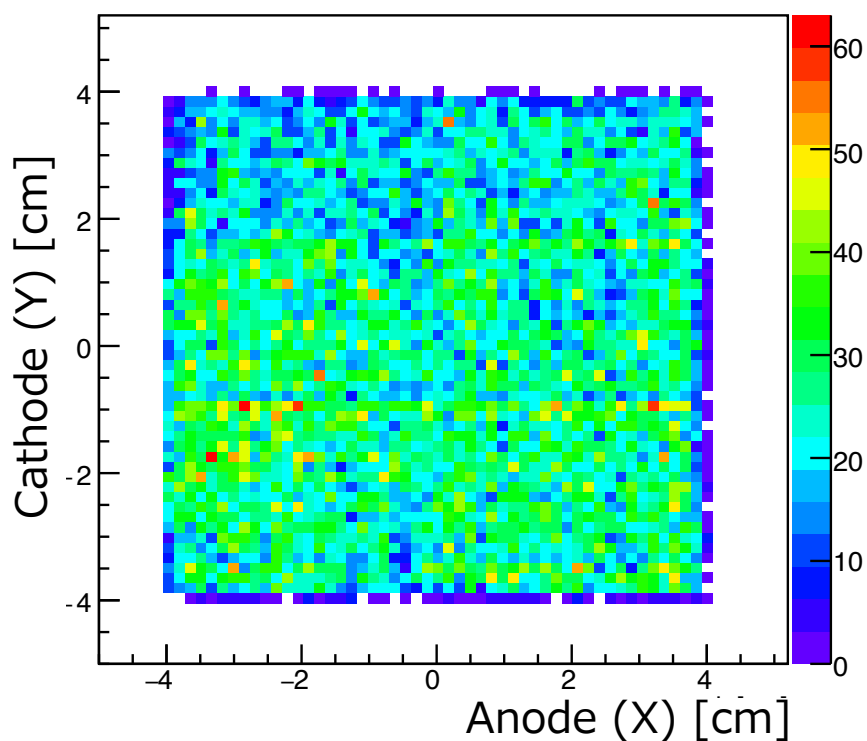
- +X 方向から中性子を照射したデータ例
- fiducial cut : $-4 \text{ cm} \leq x, y \leq 4 \text{ cm}$
- length cut : 0.8 cm



- +X 位置での反跳イベントが多いが見えている

■ 実データ

- $-X(-15\text{cm}, 0, 0)$ 方向から、 ^{252}Cf 由来の中性子を照射したデータ例
- fiducial cut : $-4\text{ cm} \leq x, y \leq 4\text{ cm}$
- length cut : 0.8 cm



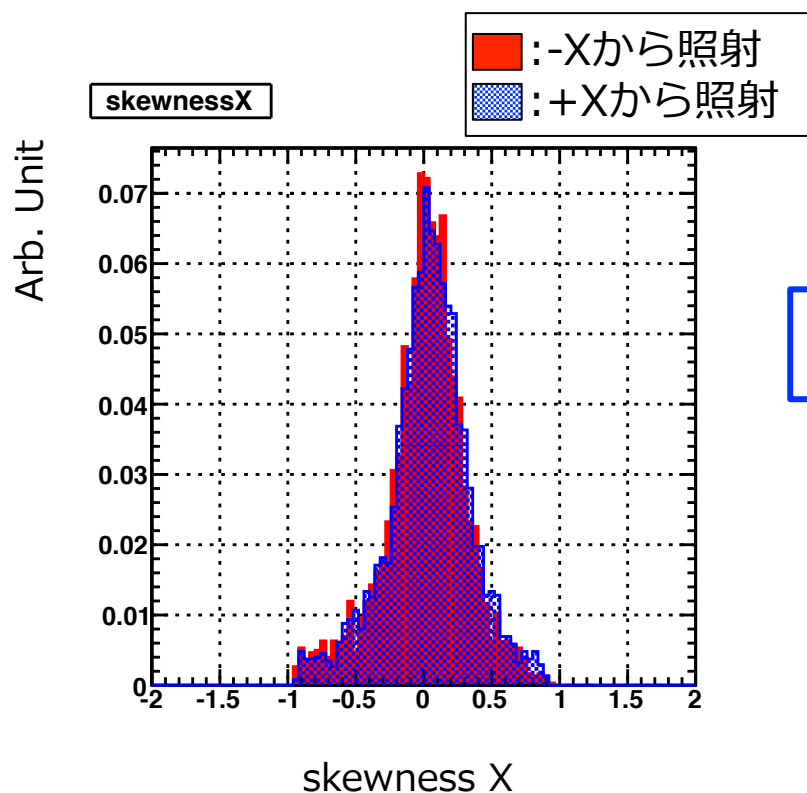
- $-X$ 位置での反跳イベントが多いのが見えている

■ 実データ

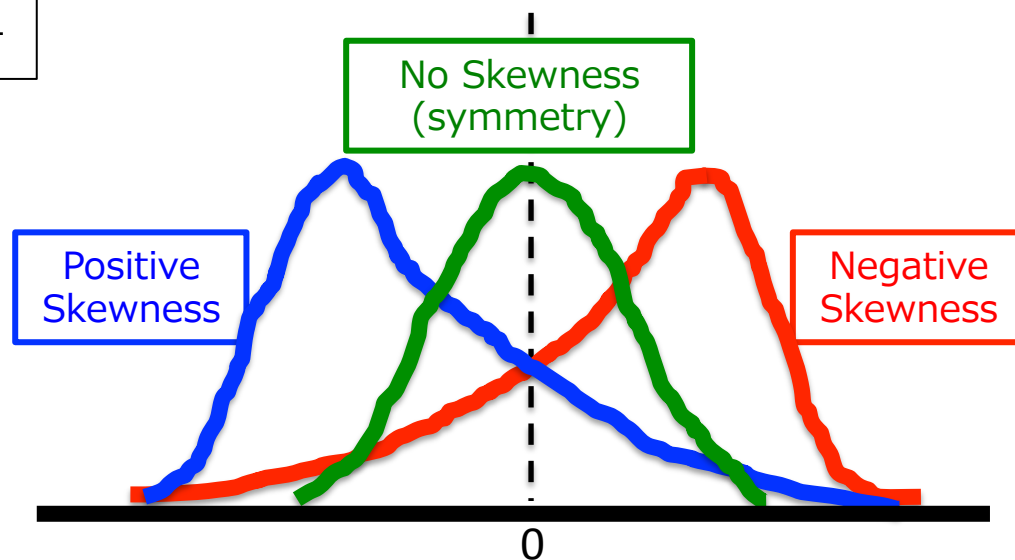
- 前後判定パラメータ skewness を以下のように定義

$$\text{skewness} = \frac{\langle \text{TOT}(X) \cdot (X - \langle X \rangle)^3 \rangle}{\langle ((\text{TOT}(X)) \cdot (X - \langle X \rangle)^2)^{3/2} \rangle}$$

X : ストリップ位置
TOT(t) : X でのTOT



- skewness の符号について



- Geant4を用いて、このパラメータの振る舞いを調べた

■ Geant4シミュレーション

- Geant4 を用いて、前後判定パラメータの振る舞いを調べた

- TPC

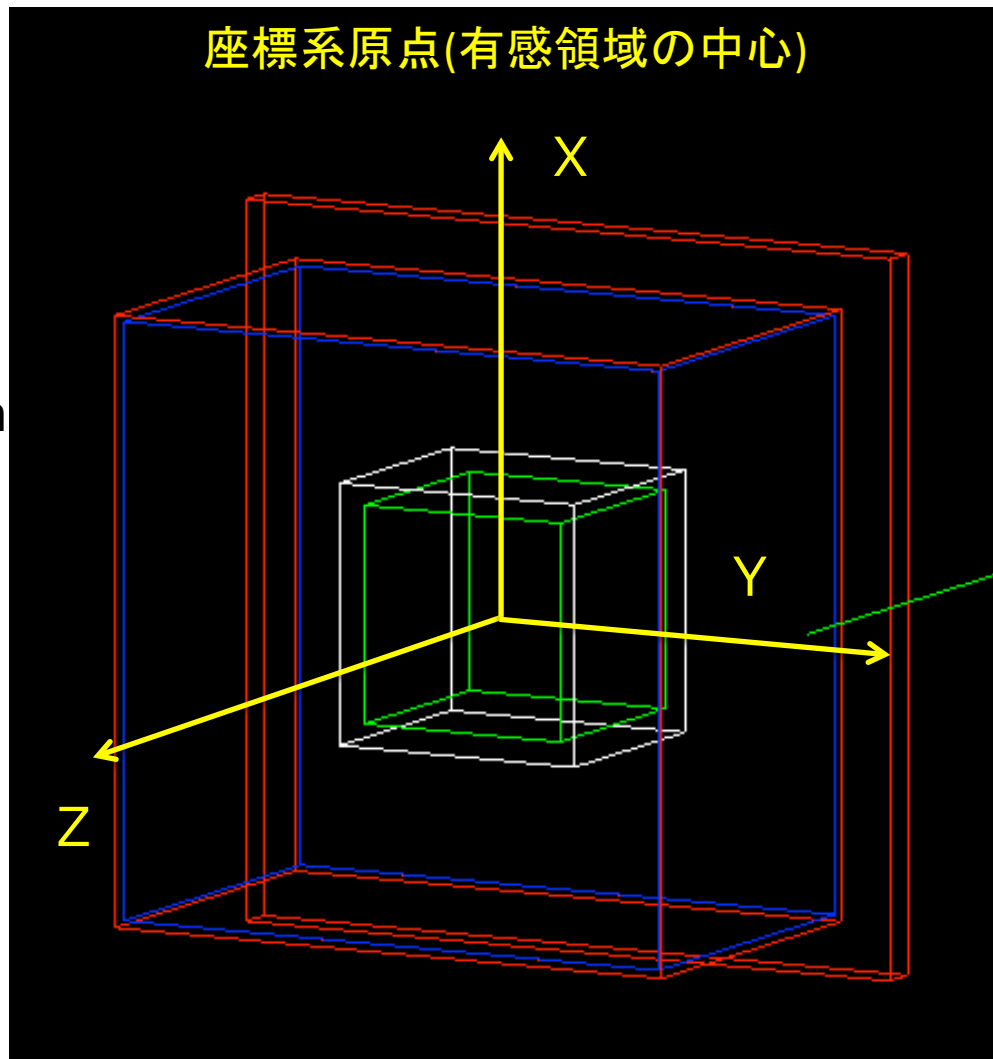
- 有感領域 : $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$
CF₄ 0.1 気圧
- 外側(白) : テフロン 厚さ 1 cm

- Chamber

- 上面+側面 : アルミ 厚さ 3 mm
- 底面 : SUS304 厚さ 1.67 cm
- ガス領域(青) :
 $27.4 \times 27.4 \times 16.7 \text{ cm}^3$

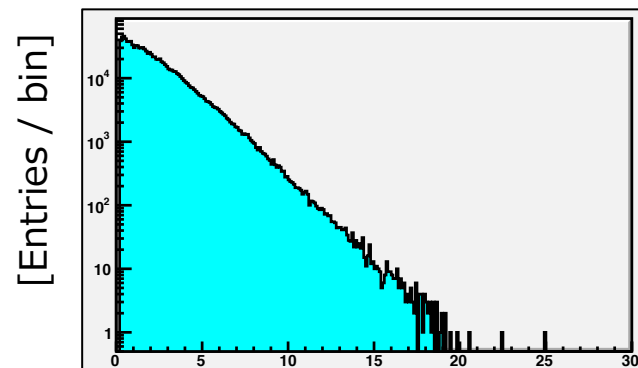
- World

- 空気 1 気圧



Geant4シミュレーション

- $\pm X$ 方向から ^{252}Cf からの高速中性子を照射
 - $(\pm 15 \text{ cm}, 0, 0)$ から等方的に $1e8$ イベント生成し、有感領域で反応したものについて、前後判定パラメータ skewness X を計算した



中性子のエネルギー [MeV]

● 解析結果

Geant4の出力情報(位置、エネルギー損失)を使った場合

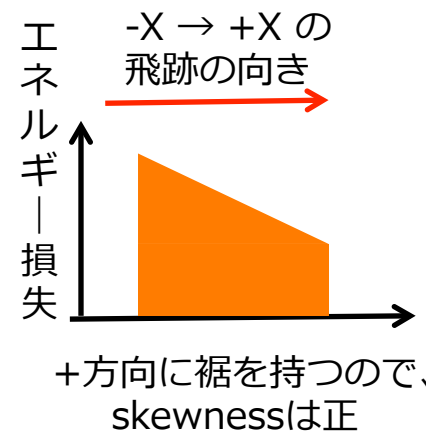
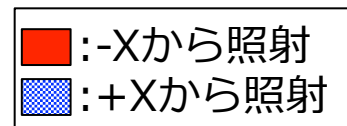
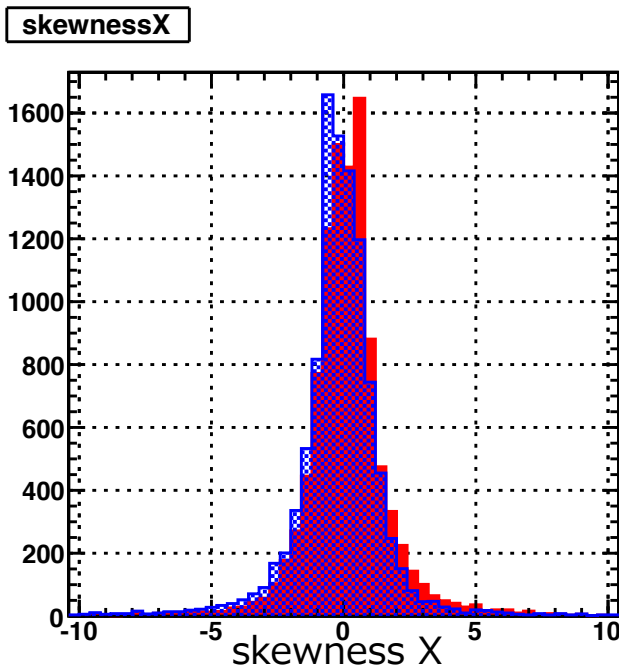
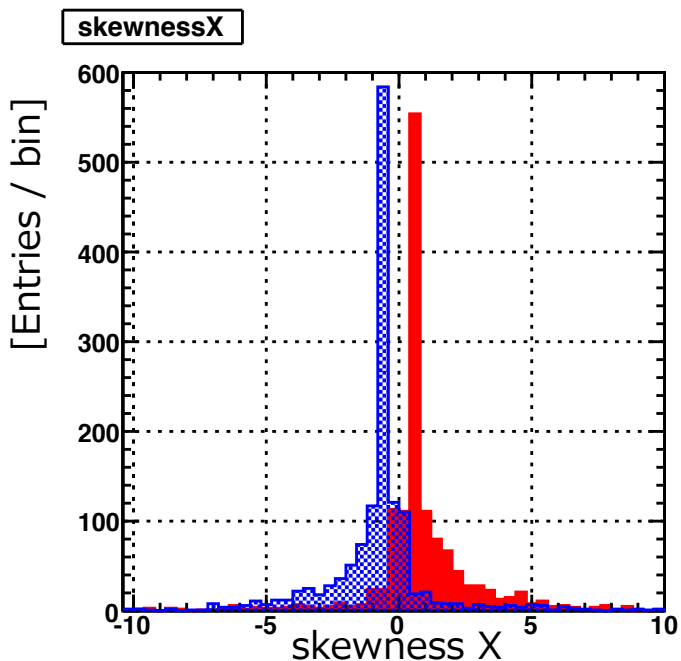
ジオメトリ：有感領域のみ。

-Z からの照射: 正のピーク

+Zからの照射: 負のピーク

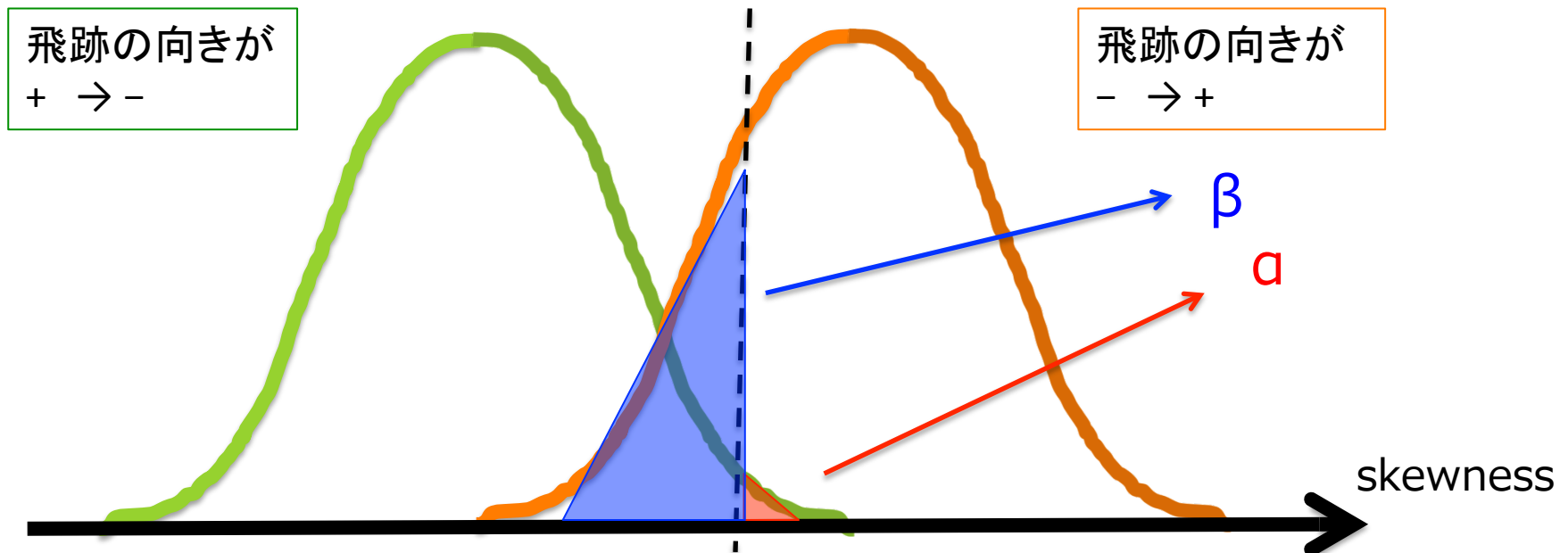
ジオメトリ：chamber + TPC(Teflon)

Teflonとchamber によって分布がならされている。



■ シミュレーションの結果の比較

- 有意水準 α を0.9とし、飛跡の向きが+ \rightarrow - で正しい場合に、- \rightarrow +と判断してしまう確率 β は
 - ジオメトリが有感領域のみの場合
25.3%
 - ジオメトリが、有感領域+TPC(Teflon)+chamber の場合、
88.7%
と、約63%精度が悪くなることが分かった。



■ まとめ

- CF_4 0.1 気圧中で、前後判定パラメータがどのように振る舞うか調べた
- 有感領域のみの場合に比べて、テフロンやチェンバーを加えると、60%程度多く判定ミスをする可能性があることが分かった。
(これは、Geant4 の生出力を使って得られた結果)
- 前後判定のメソッドを改善する必要あり。

■ 展望

- 現在使っているパラメータの統計的推定をイベント毎に行い、得られた結果を更新しながら学習していくメソッドを構築する
または、他の情報、パラメータ、メソッドの考案？

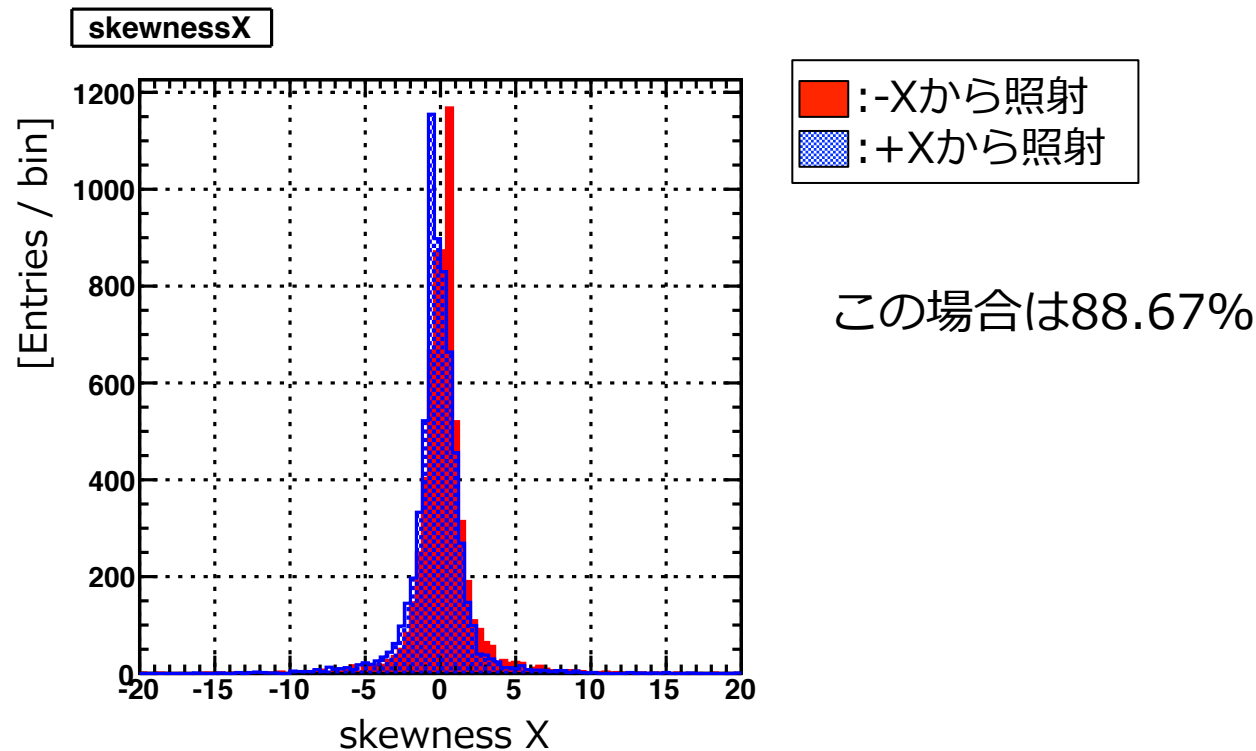
■ BACK UP

■ Geant4シミュレーション

解析結果

Geant4の出力情報(位置、エネルギー損失)を使った場合

ジオメトリ：有感領域+TPC(Teflon)



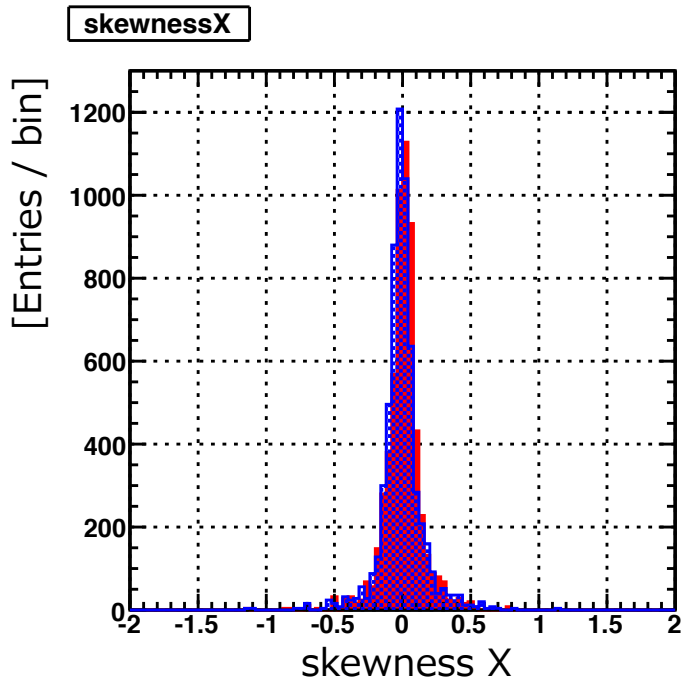
■ Geant4シミュレーション

● 解析結果

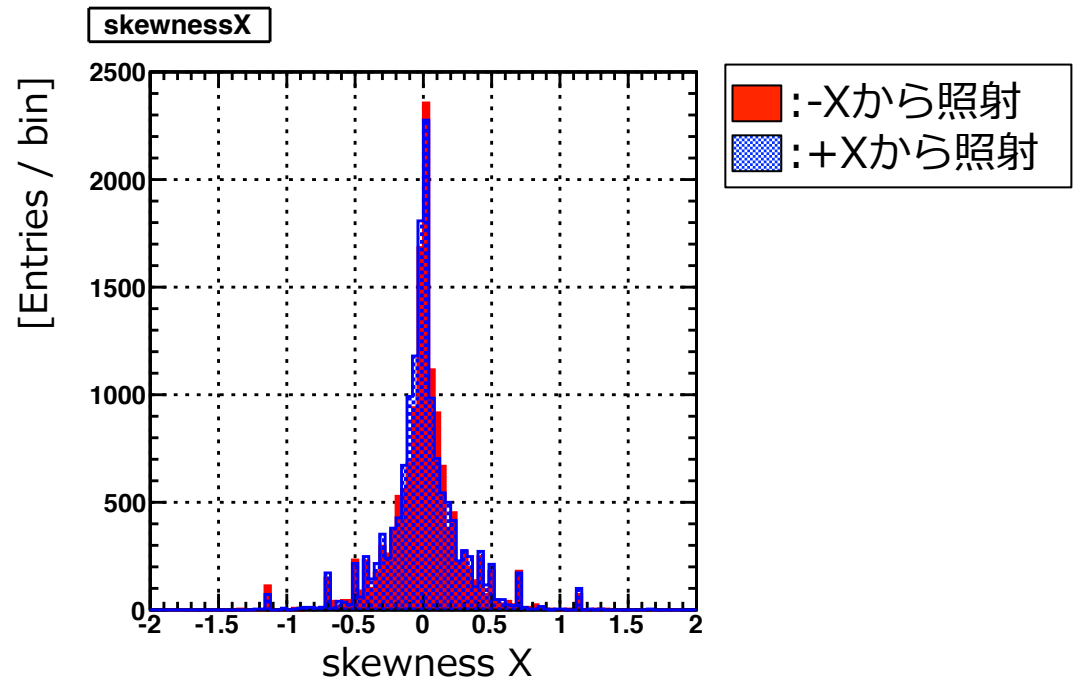
Geant4の出力を、実際に得られる情報に焼き直した場合

- Geant4 出力 → 実際に得られる情報
- 位置 : ストリップ位置
- エネルギー損失 : ストリップ毎のTOT

ジオメトリ：有感領域のみ



ジオメトリ：chamber + TPC



■ メモ

- 0.2気圧で前後判定が統計的にできたことは述べておく
- 0.1気圧にかえた旨と、その意義をちゃんと書いておく
- 各図のエントリー数を把握しておく