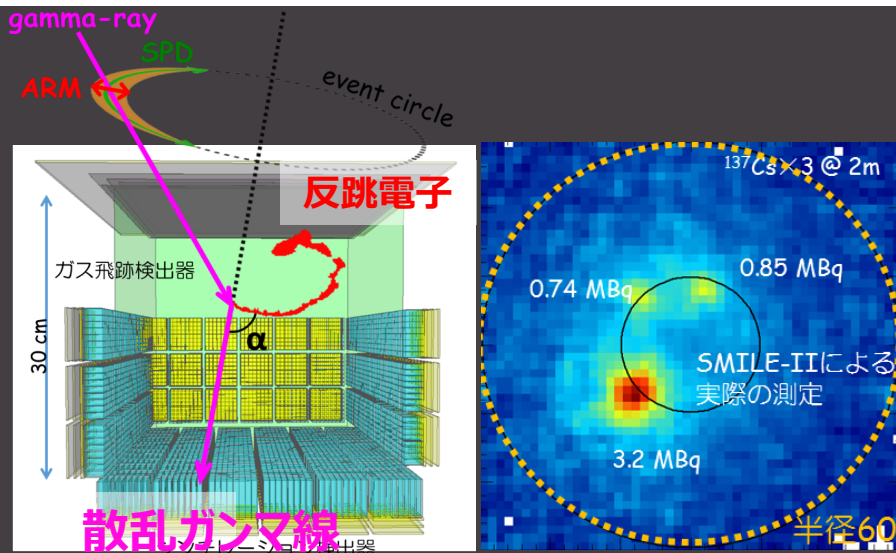


# SMILE57 : MeV ガンマ線観測気球実験 SMILE-2+ における高エネルギーイベントの解析

京大理, ISAS/JAXA<sup>A</sup>, 東北大<sup>B</sup>, 神戸大理<sup>C</sup>, 金沢大<sup>D</sup>, メリーランド大学<sup>E</sup>

荻尾真吾, 谷森達, 高田淳史, 池田智法, 吉川慶, 竹村泰斗, 中村優太, 小野坂健, 齋藤要, 阿部光, 津田雅弥,  
吉田有良, 窪秀利, 水村好貴<sup>A</sup>, 黒澤俊介<sup>B</sup>, 身内賢太郎<sup>C</sup>, 澤野達哉<sup>D</sup>, 濱口健二<sup>E</sup>

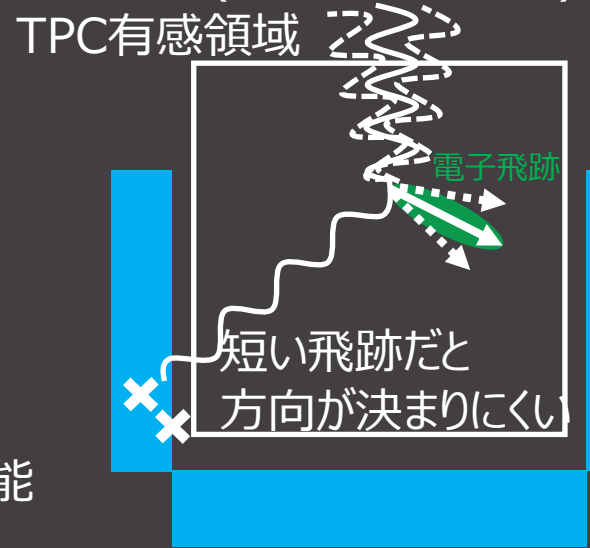


反跳電子の飛跡を捉えることで1事象毎に再構成可能  
 →広い視野, 鋭いPSF, 高い雑音除去能力

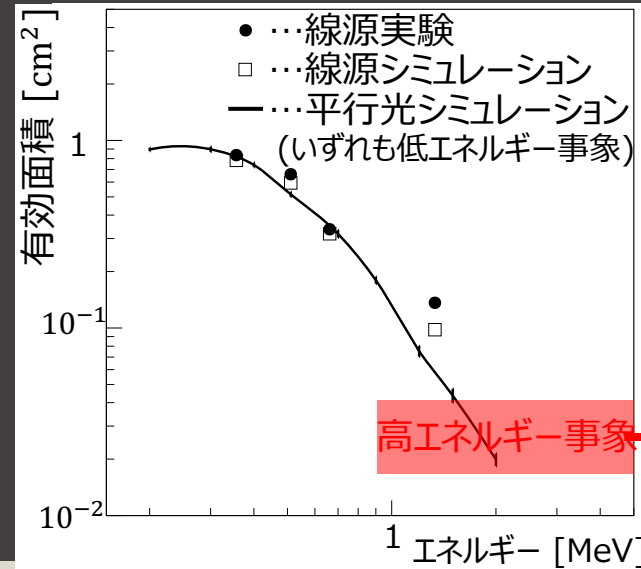
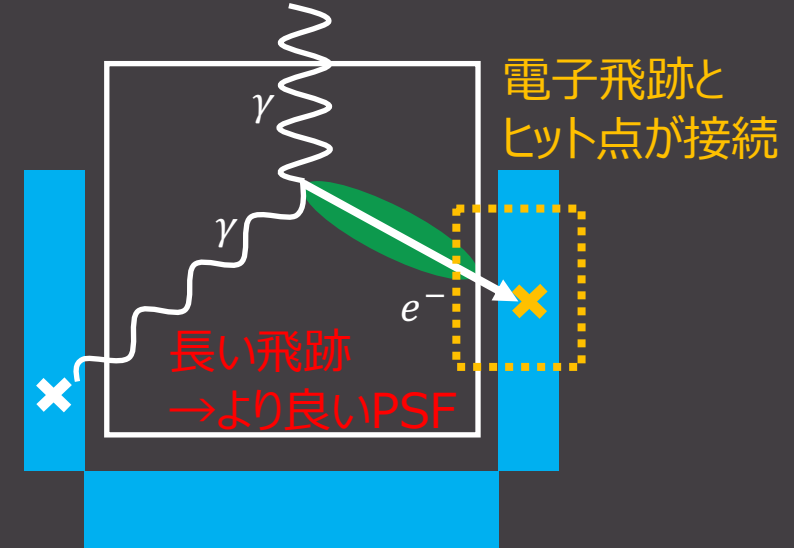


SMILE-2+実験@2018年

低エネルギーイベント  
 (従来の解析対象)

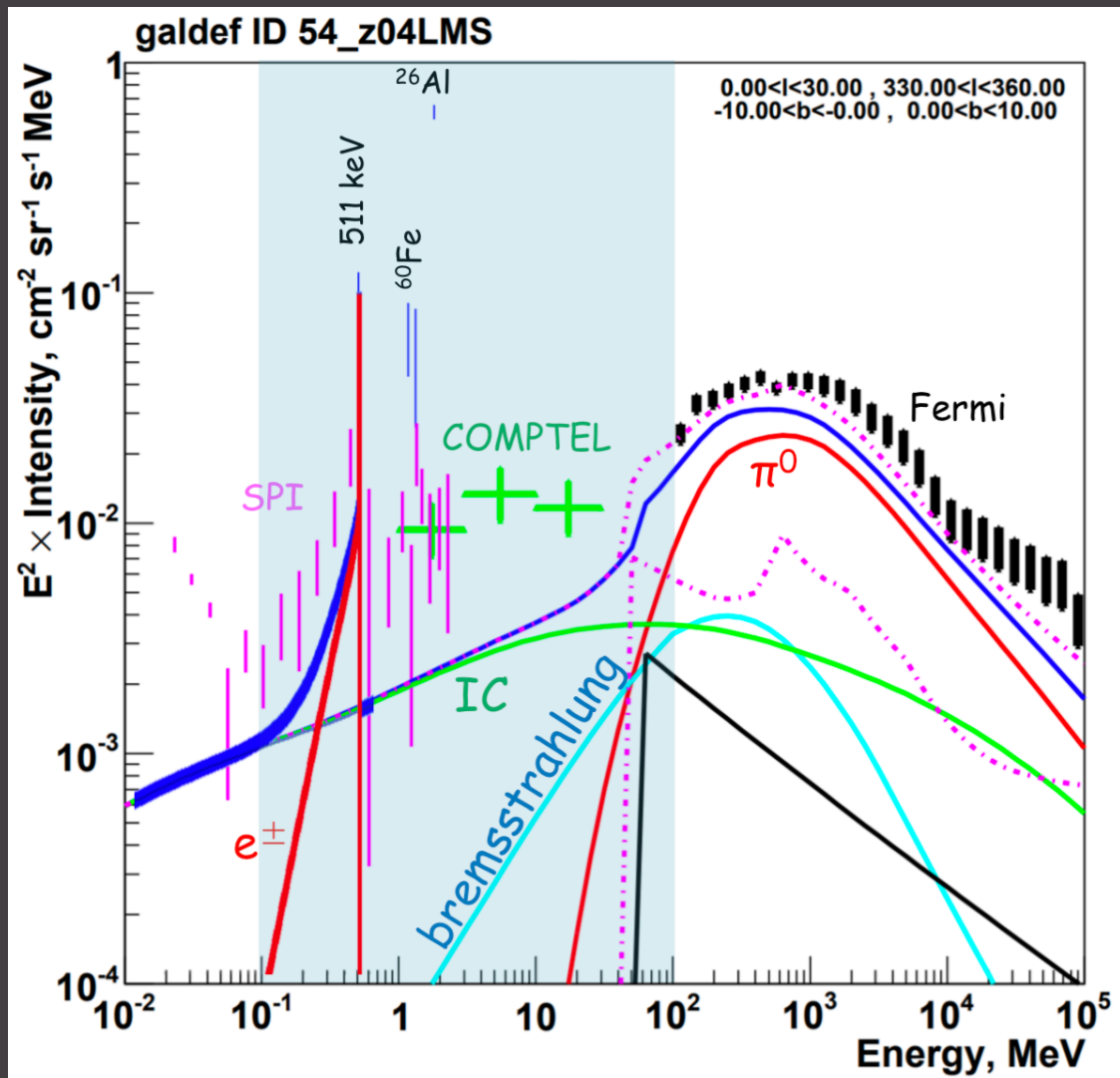


高エネルギーイベント  
 (本研究の解析対象)



数 MeVで高エネルギー事象が卓越

## 系内拡散ガンマ線

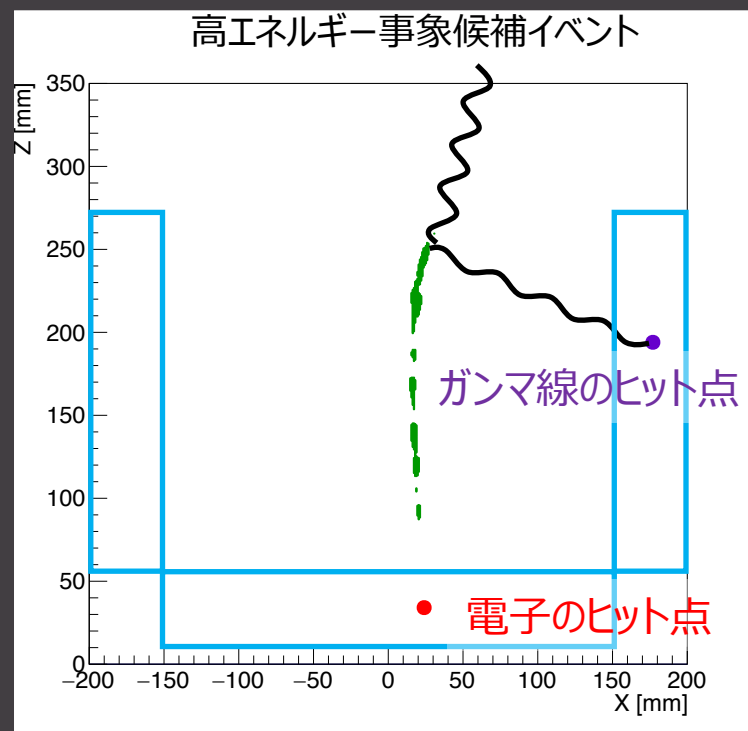
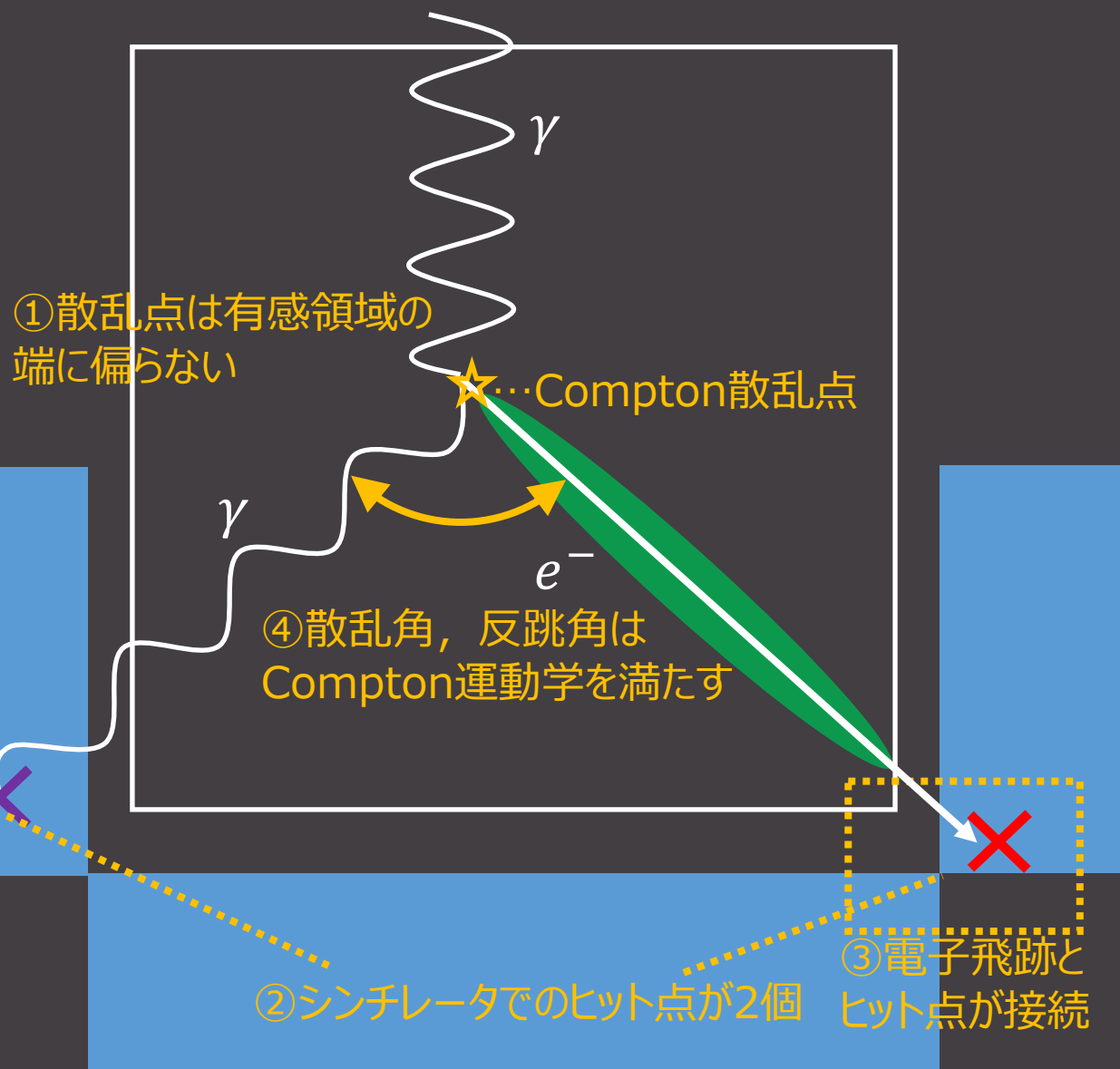


A. W. Strong, (2011)に加筆

他にも...

- 系外拡散ガンマ線スペクトル
- かに星雲からのスペクトル
- 元素合成現場の直接観測
- Primordial Black Hole など

1 MeV以上のガンマ線を捉える検出器が必要



60Co(1173 keV, 1333 keV)  
設置方向:天頂角17° 方位角0°

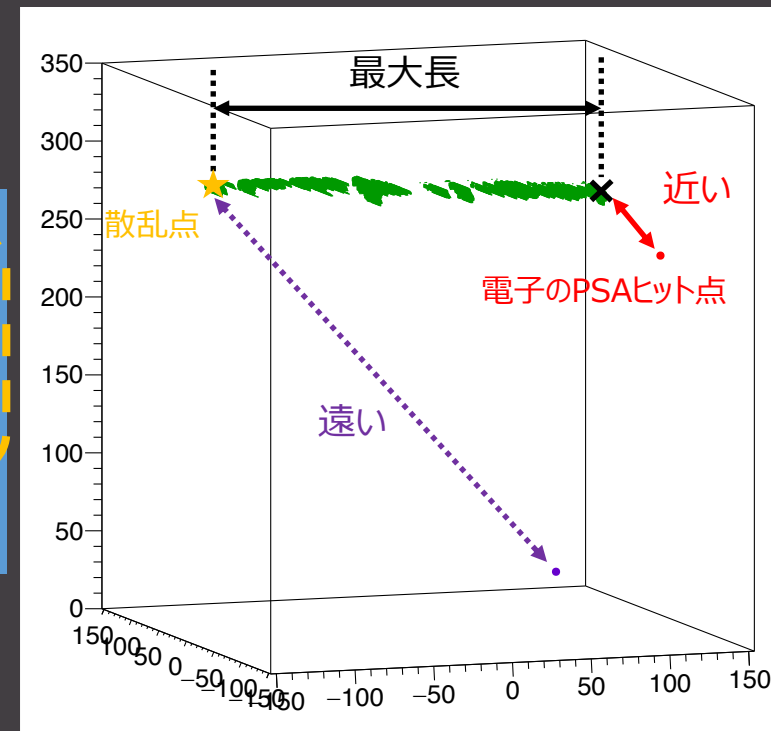
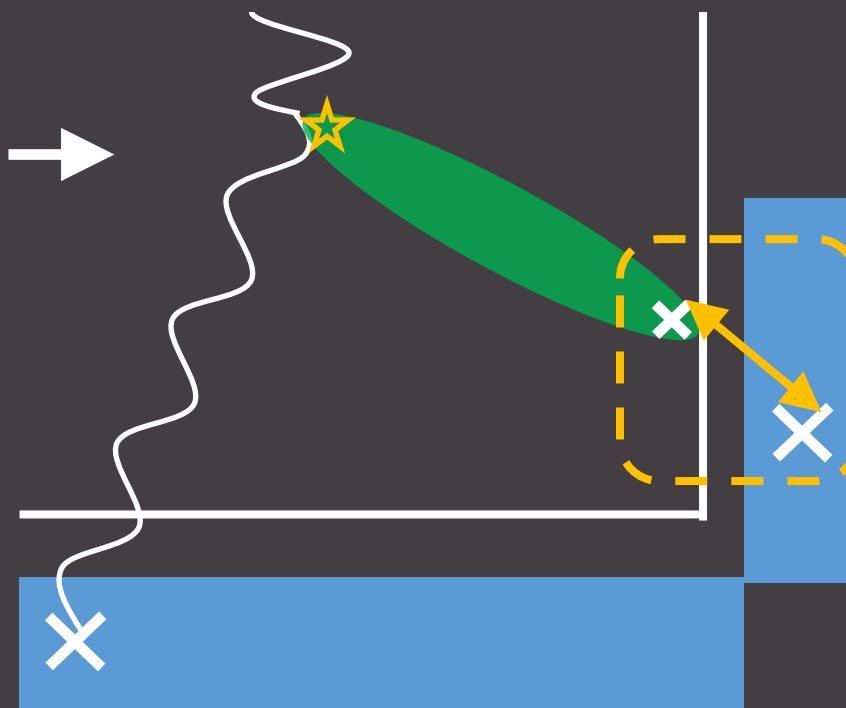
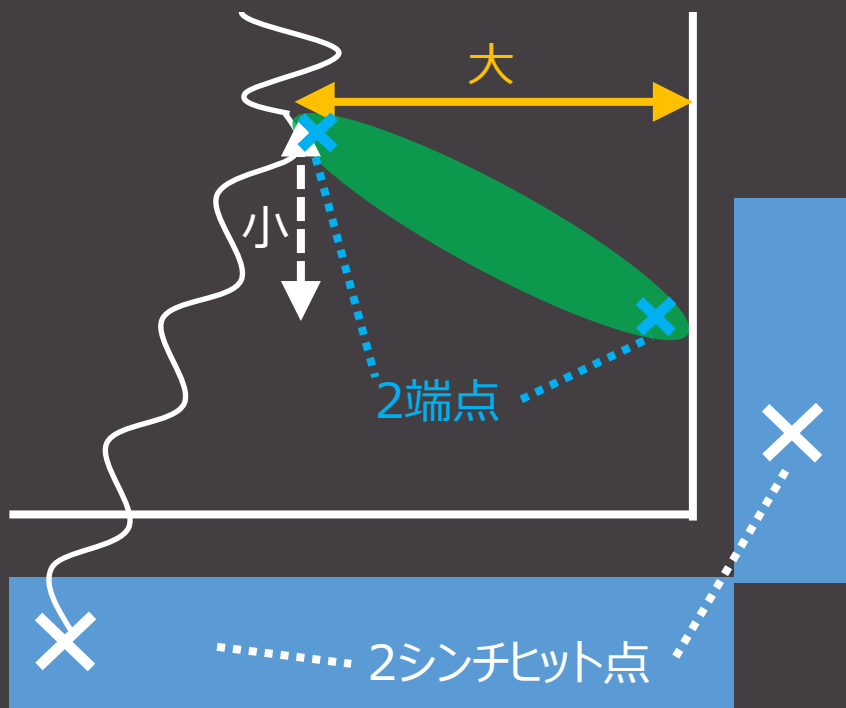


再構成エネルギー:1317 keV  
再構成方向:天頂角15° 方位角3°

x,y,zのうち飛跡の長さが最も大きくなる軸の最大最小点を2端点とする

距離が最小になる組み合わせが飛跡の終点&電子のヒット点

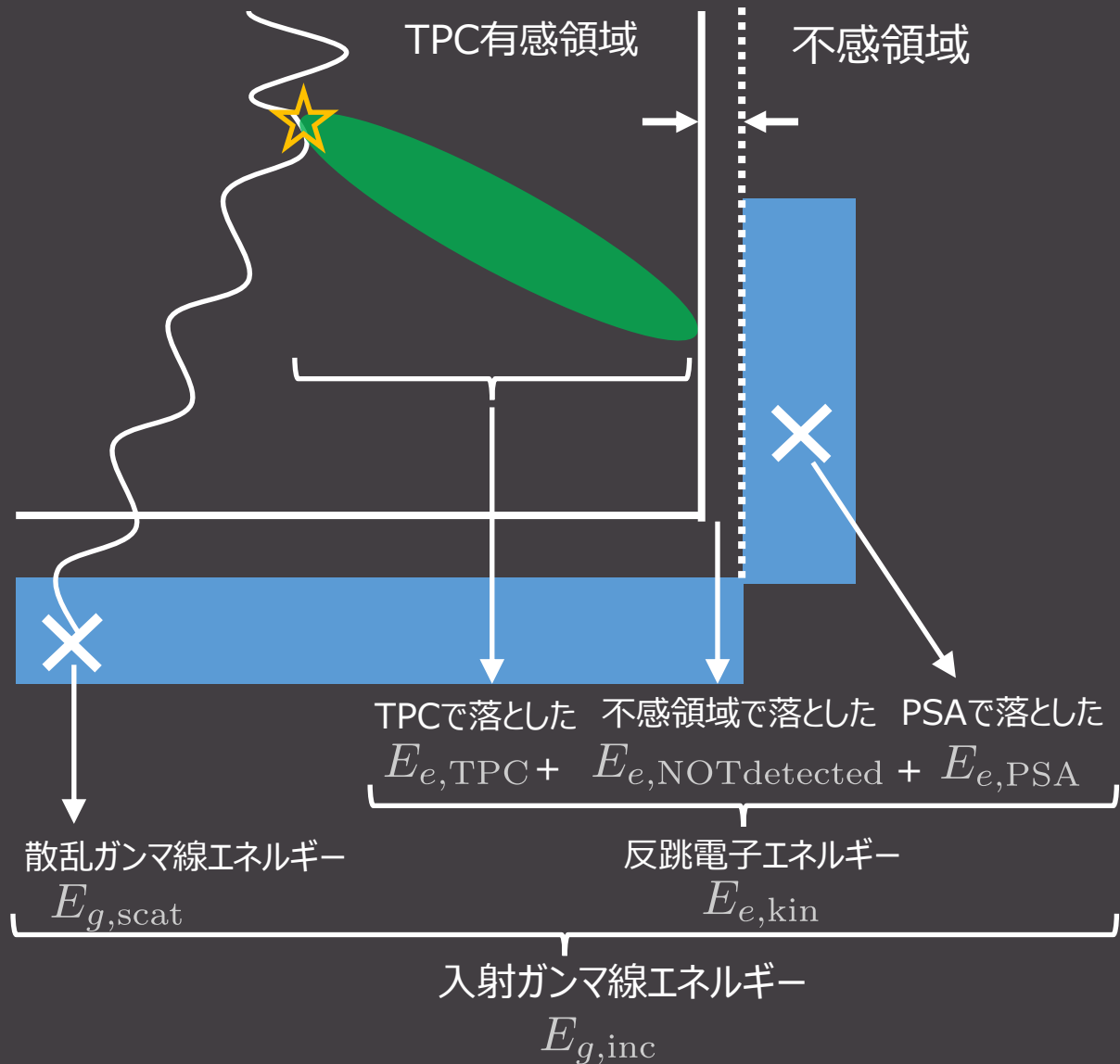
実際の飛跡解析例



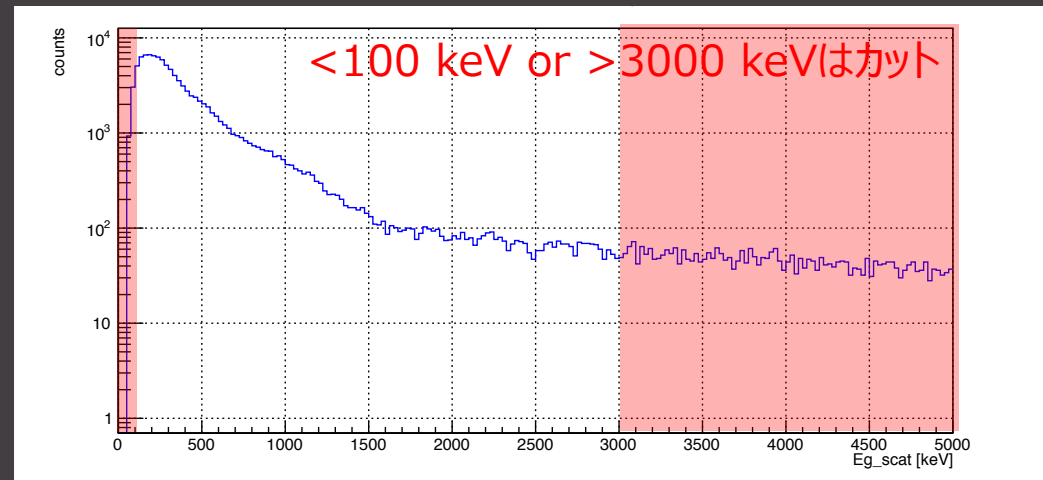
→高エネルギー事象では簡単なジオメトリ情報で散乱点を決定可能

# 事象除去①：ありえないエネルギーの事象を除く

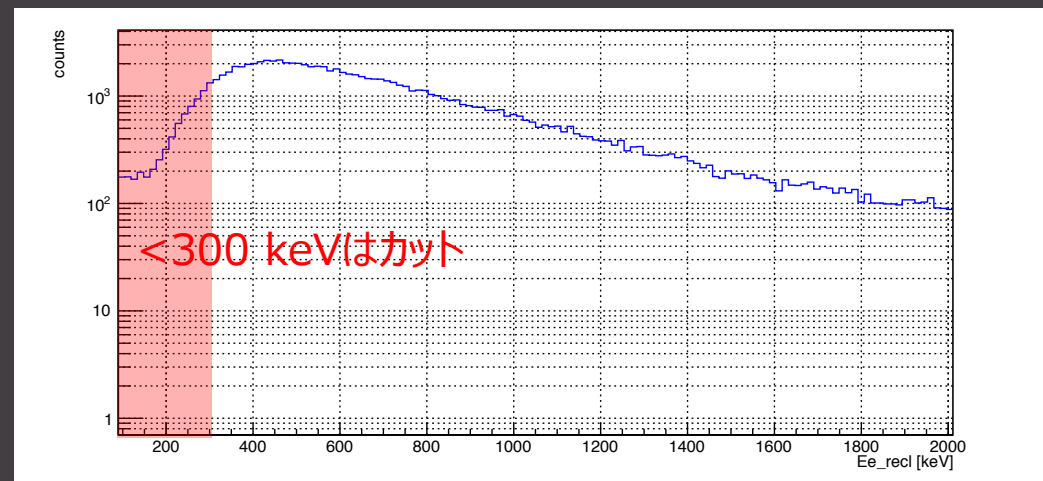
## エネルギーの再構成



## 1-1.PSAでのダイナミックレンジを超える事象を除去



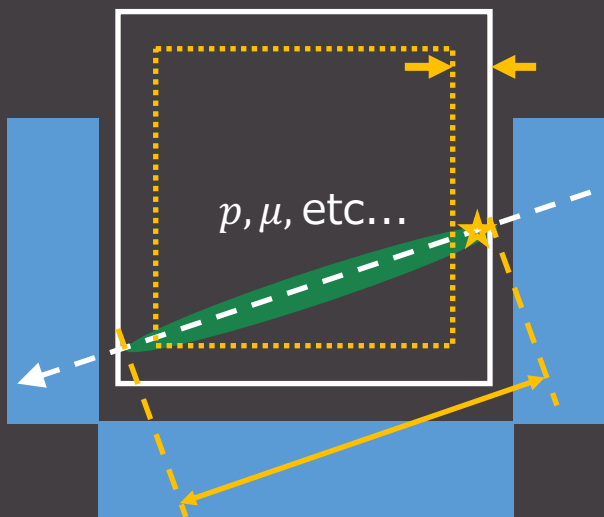
## 1-2.PSAに届かない低エネルギー電子を除去



# 事象除去②：宇宙線様事象の排除

## 宇宙線事象の特徴

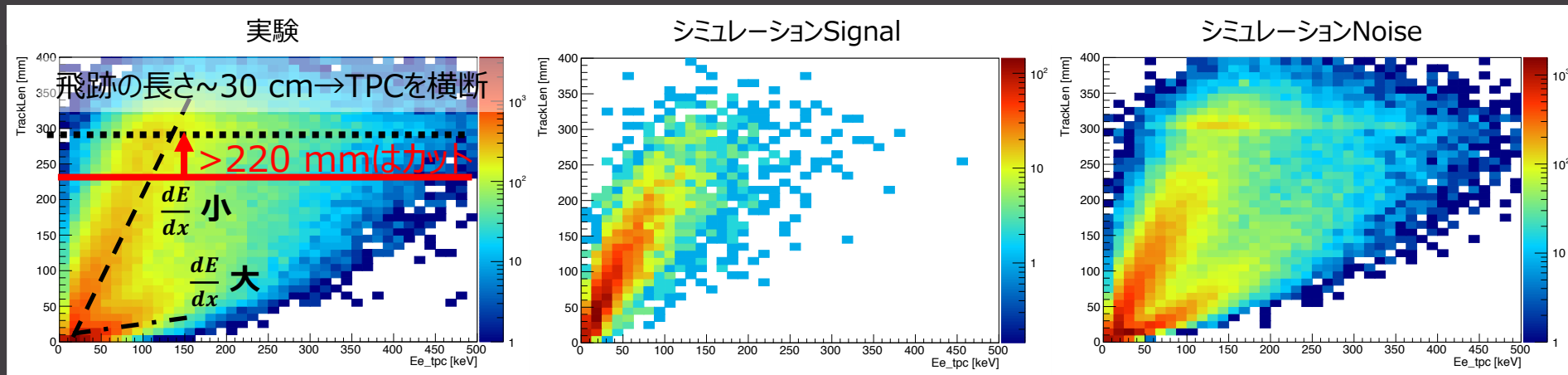
2-1. 飛跡の始点がTPC有感領域の端



2-2. TPCを横断  
飛跡の長さ  
~ TPC有感領域の大きさ  
~ 30 cm

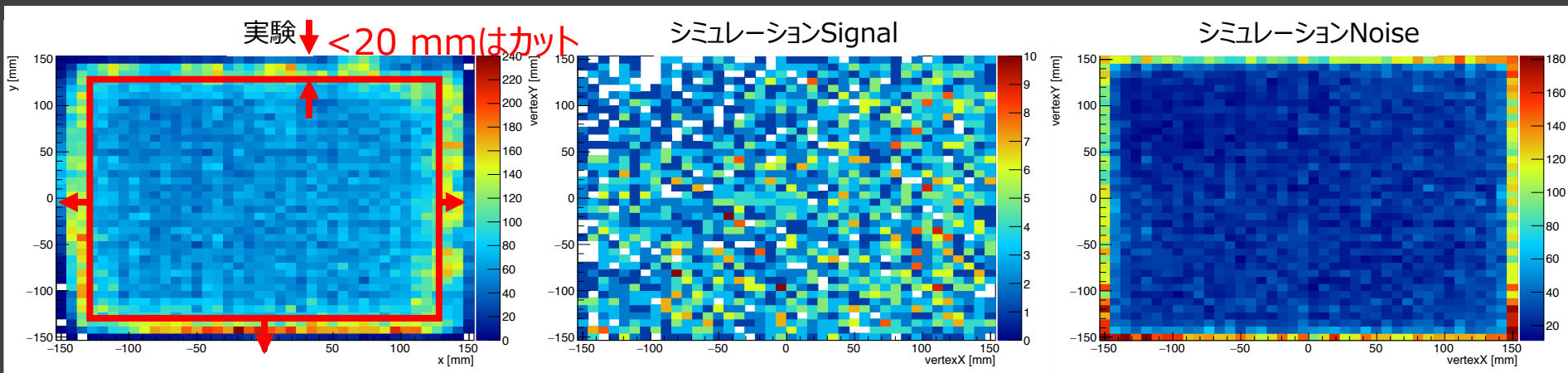
## 2-1. TPCを横断した事象の除去

60Coをazimuth0° zenith17°方向に設置

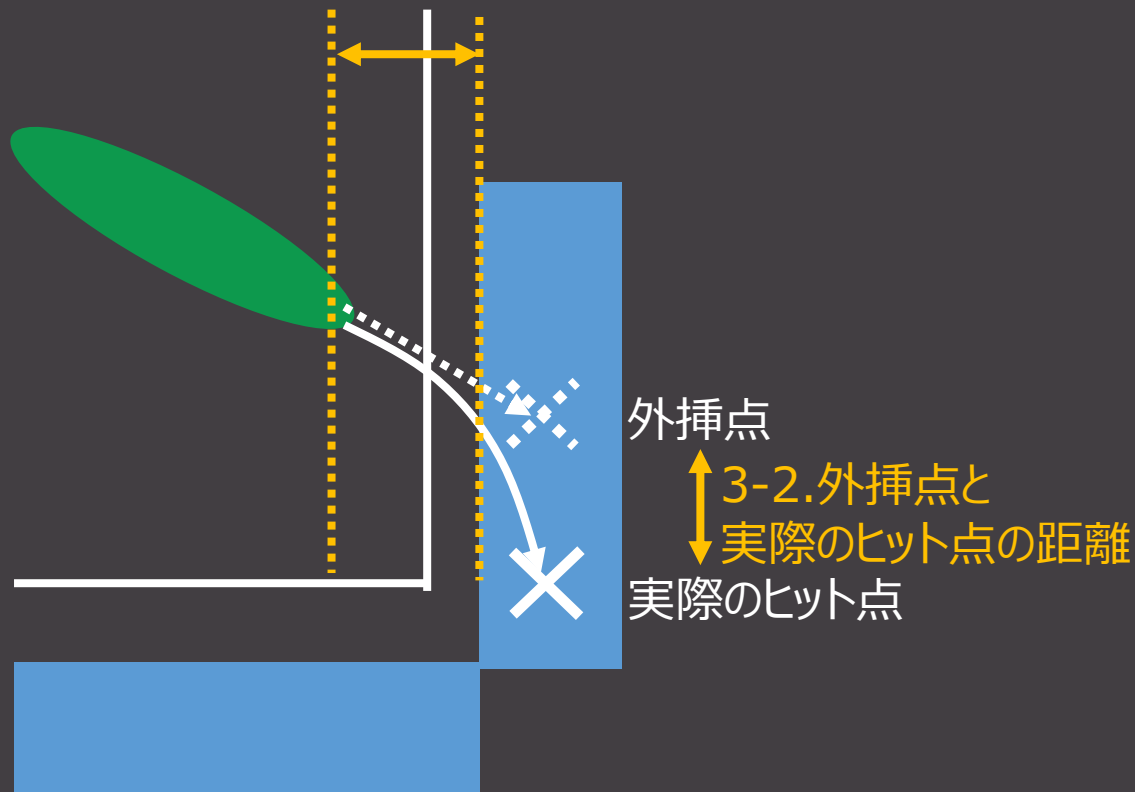


## 2-2. 飛跡の始点がTPC有感領域の端にある事象の除去

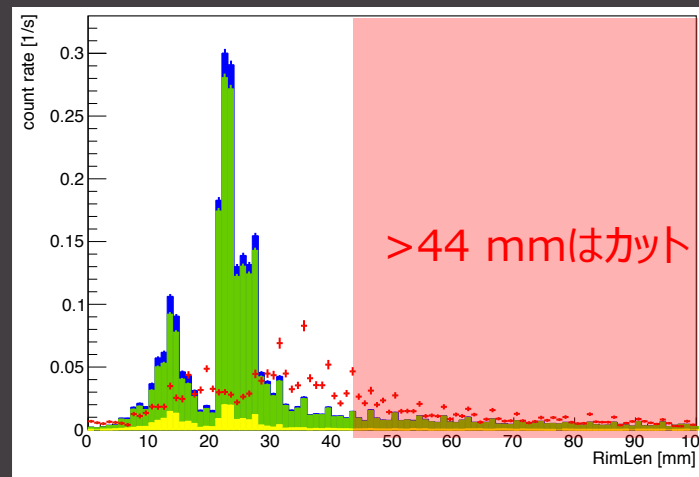
60Coをazimuth0° zenith17°方向に設置



## 3-1. 飛跡の終点からPSA表面までの距離



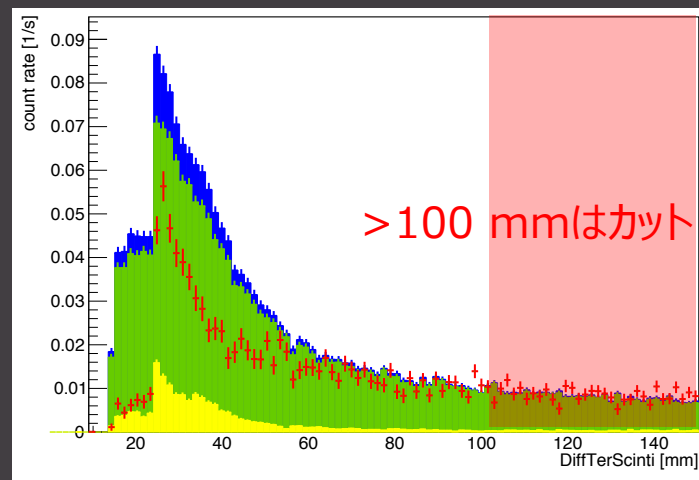
## 3-1. 飛跡の終点はTPC有感領域の端にあるか



60Coを  
azimuth0°  
zenith17°方向に設置

青: シミュレーションS+N  
緑: シミュレーションNoise  
黄: シミュレーションSignal  
赤: 実験

## 3-2. 終点から電子の運動方向に沿った外挿点は実際のヒット点と近いのか?



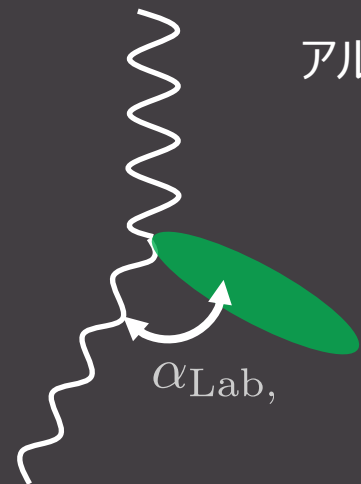
60Coを  
azimuth0°  
zenith17°方向に設置

青: シミュレーションS+N  
緑: シミュレーションNoise  
黄: シミュレーションSignal  
赤: 実験



# 事象除去④：アルファ角によるCompton運動学チェック

## 4-1. 実験室系でのCompton運動学チェック



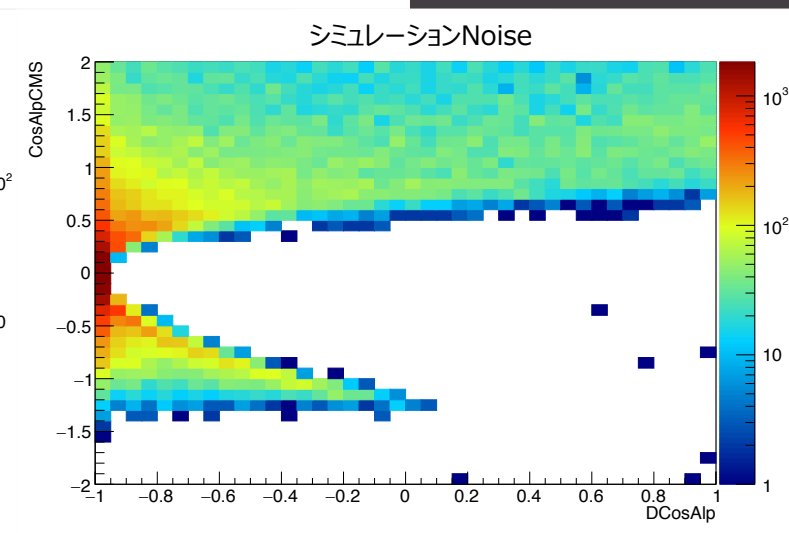
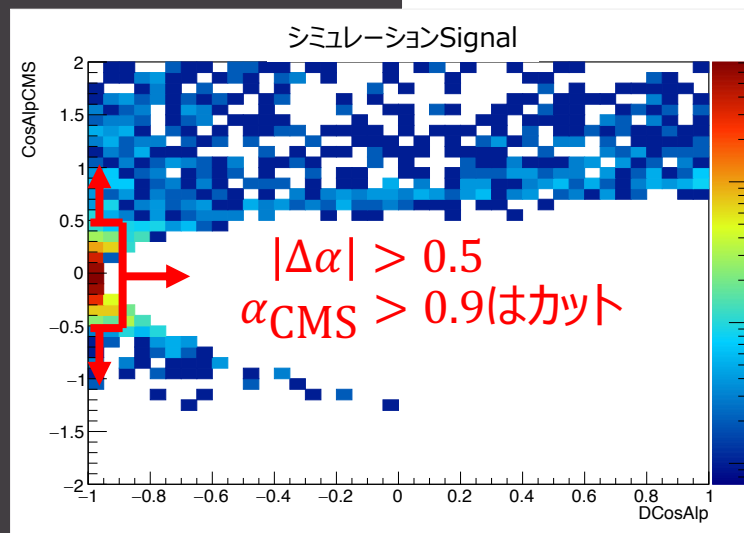
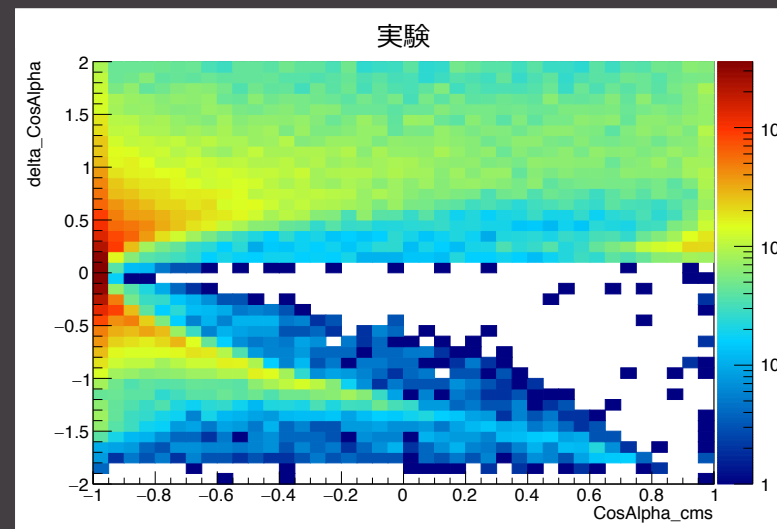
アルファ角…散乱ガンマ線と反跳電子の成す角  
 $\alpha_{Lab,kin}$  …Compton運動学から決まる  
 $\alpha_{Lab,geo}$  …ジオメトリ情報から決まる  
 $\rightarrow \Delta\alpha = |\alpha_{Lab,kin} - \alpha_{Lab,geo}| < \epsilon$

## 4-2. 重心系でのCompton運動学チェック



## 6. Compton運動学チェック

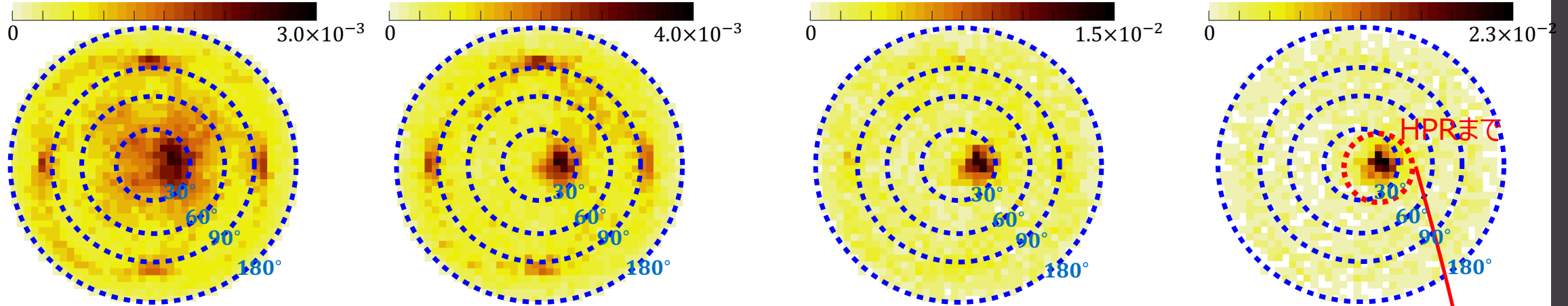
60Coをazimuth0° zenith17°方向に設置



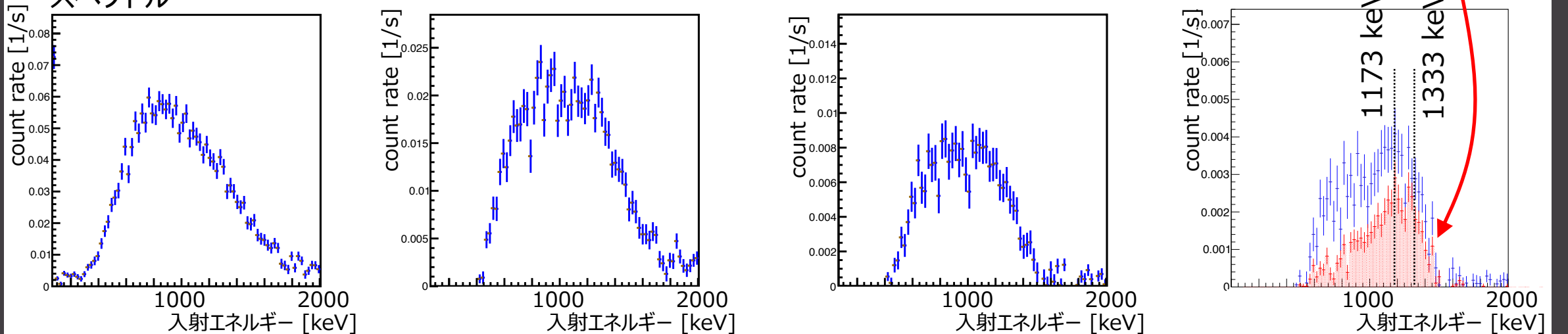
SMILE-2+ETCC, 60Co(1.1 MeV, 1.3 MeV), 天頂角=17°, 方位角=0°において地上で実験  
PSAで2個ヒット      宇宙線事象の除去まで      接続条件による除去まで      Compton運動学による除去まで

## ガンマ線イメージ

全事象数を1にscaleしたimage



## スペクトル



# 線源の位置が明るくなることを確認

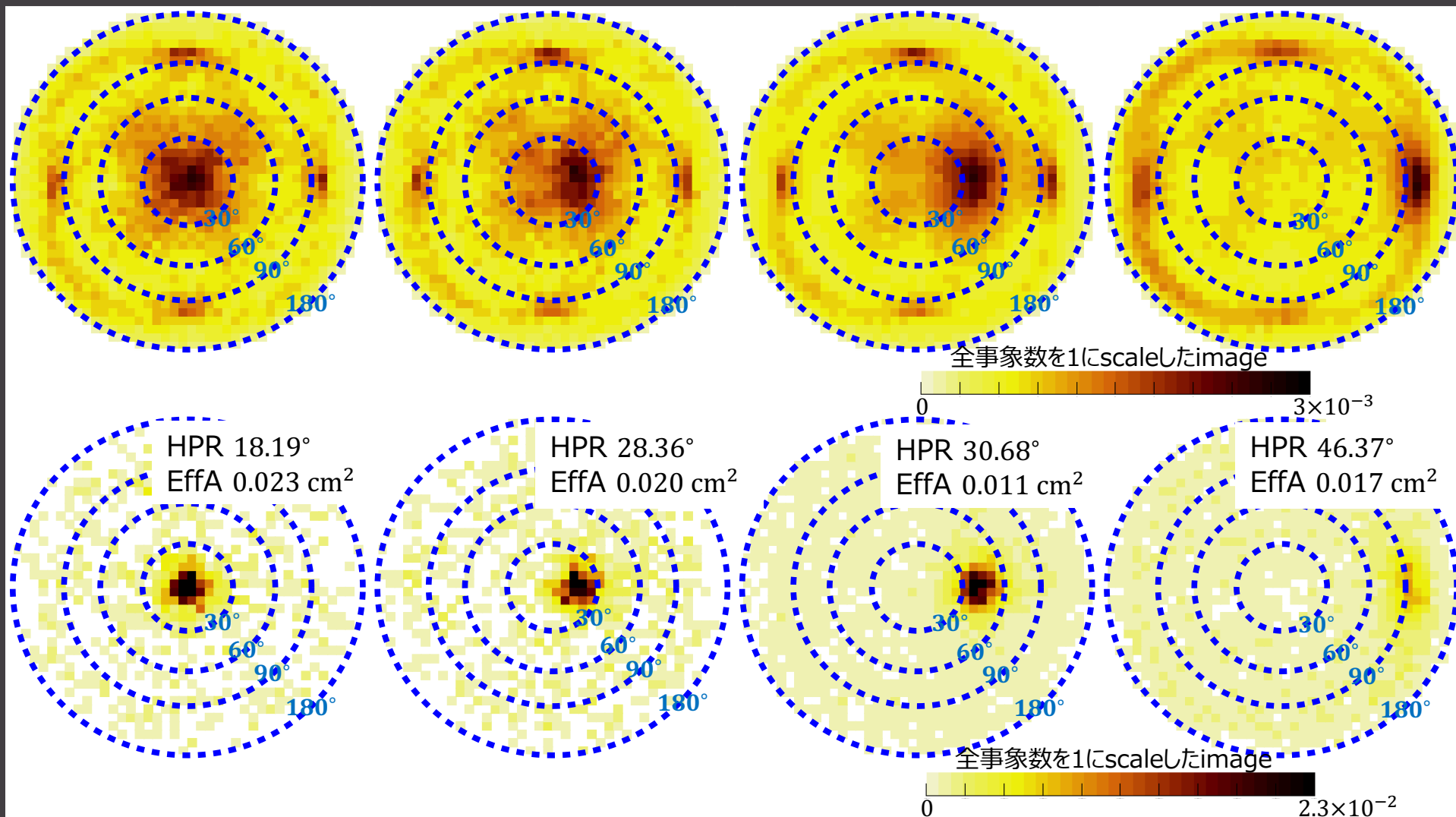
SMILE-2+ETCC,  $^{60}\text{Co}$ (1.1 MeV, 1.3 MeV)を $\text{oite}$ 地上で実験

zenith=0°

zenith=17°

zenith=45°

zenith=94°

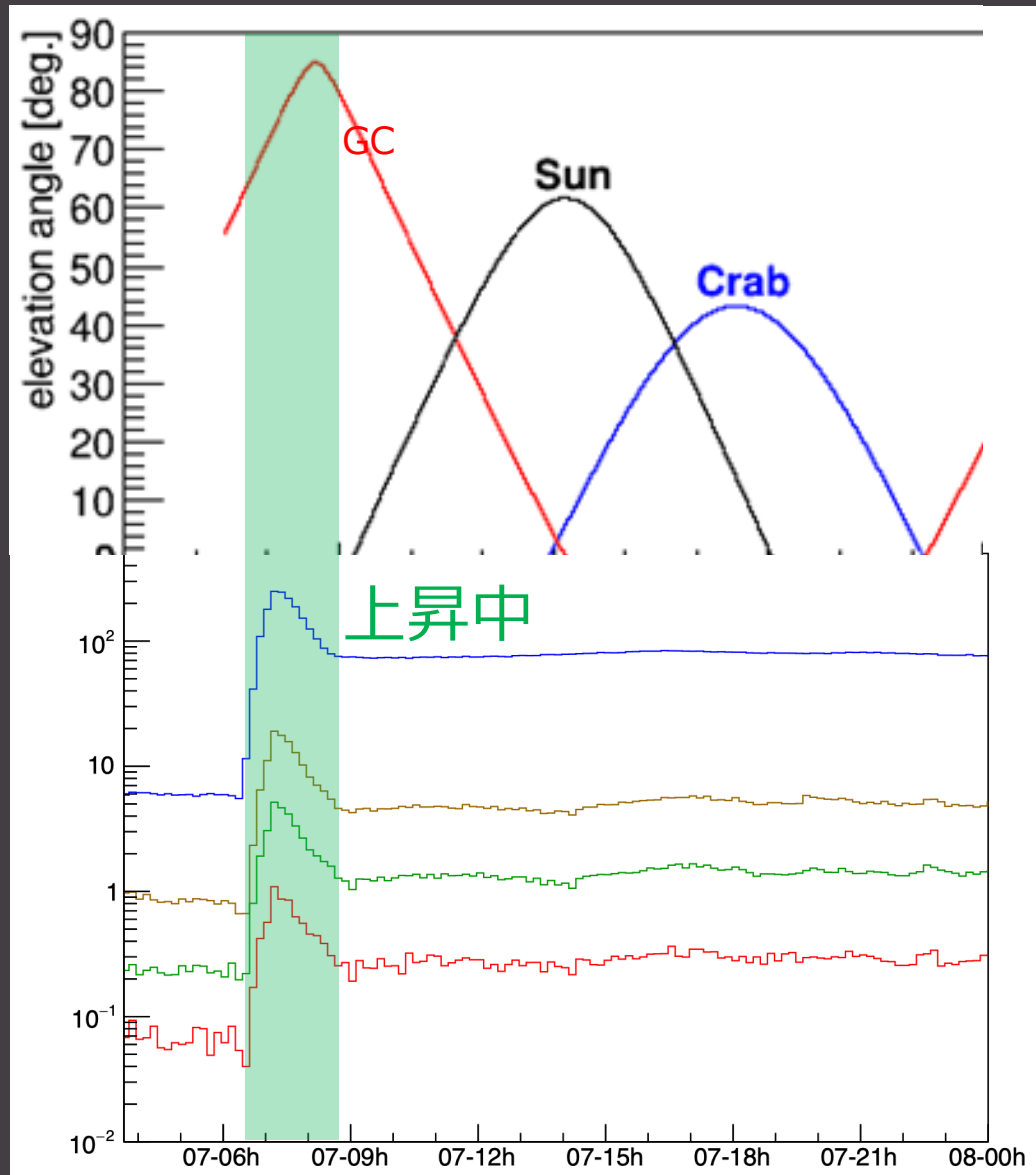


PSAで2個ヒット



Compton運動学による除去  
+1040 keV  
< 入射エネルギー  
< 1470 keV

2018/4/7の気球フライト時(4/8分は現在解析中)



2回PSAにヒット  
宇宙線様事象を除去  
接続条件の除去  
Compton運動学

上昇時の大気ガンマ線による  
カウントレートの増加→減少が見えた

## 結果

- ・我々はMeVガンマ線検出器ETCCを開発し、撮像能力を確かめるべく2018年にETCCを搭載した気球実験を行った。
- ・反跳電子がTPCを貫いてPSAに当たる高エネルギー事象の解析を行った。
- ・線源を天頂角 $0^\circ$ ,  $17^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $94^\circ$ においたときのデータを解析しその位置のイメージングに成功
- ・ $^{60}\text{Co}$ の2輝線が分離したピークとして観測できた

## 課題・展望

- ・地上線源のシミュレーションと実験を比較調査
- ・フライトデータの解析を行い、銀河中心領域からの拡散放射スペクトルをエネルギー $\sim 5$  MeVの高エネルギー側から制限する。