

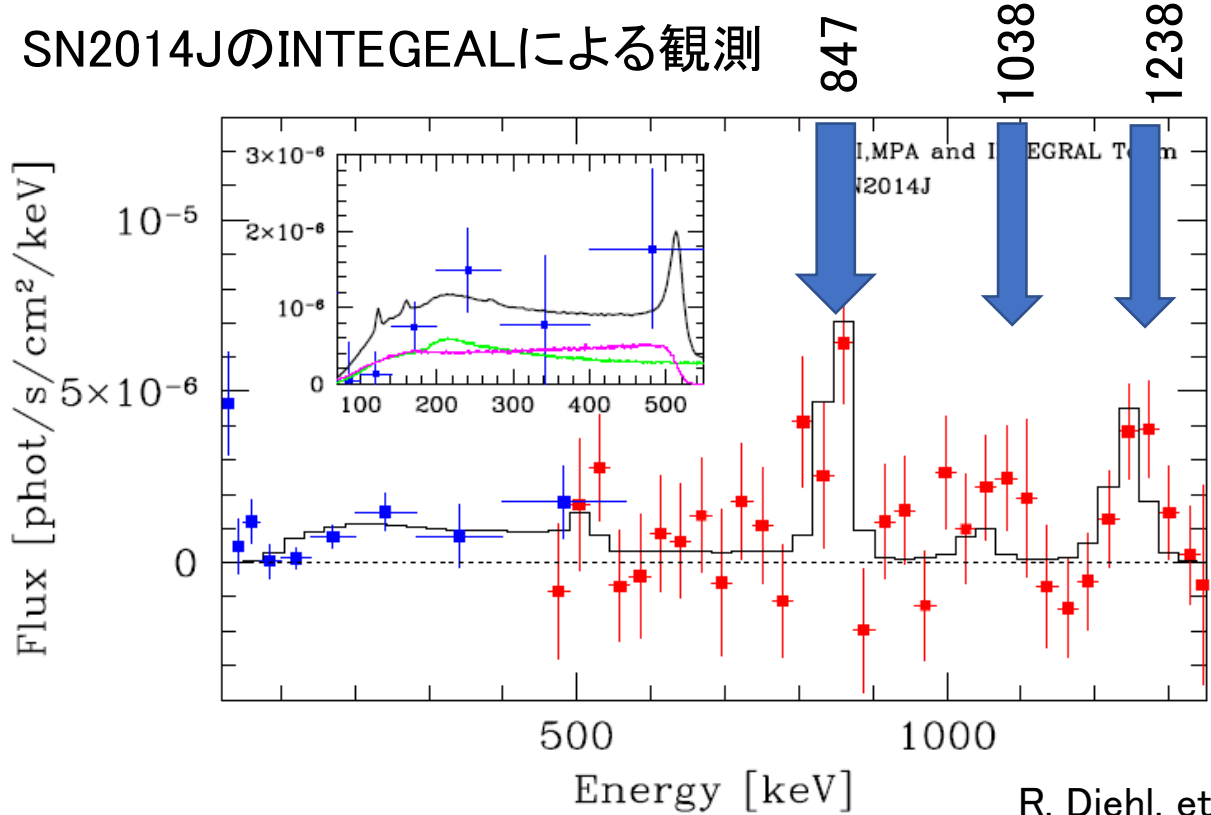
# SMILE35:陽子線を用いた 電子飛跡検出型コンプトンカメラによる 核ガンマ線イメージング実験

岸本哲朗, 窪秀利, 古村翔太郎, 園田真也, 高田淳史, 竹村泰斗,  
谷口幹幸, 谷森達, 中増勇真, 中村優太, 水村好貴, 水本哲矢, 吉川慶,  
黒澤俊介<sup>A</sup>, 身内賢太郎<sup>B</sup>, 澤野達哉<sup>C</sup>, 黒澤真城<sup>D</sup>, 高橋成人<sup>D</sup>, 友野大<sup>D</sup>  
京大理, 東北大NICHe<sup>A</sup>, 神戸大理<sup>B</sup>, 金沢大数物<sup>C</sup>, 阪大RCNP<sup>D</sup>

# 核ガンマ線を見る目的

エネルギーは大体 MeV、元素合成や爆発機構の手掛かりに

SN2014JのINTEGREALによる観測

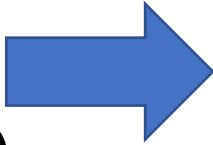


<sup>56</sup>Ni, <sup>56</sup>Coの核ガンマ線を検出

もっと感度を上げて多数観測したい

R. Diehl, et al., Science 345, 1162 (2014)  
E. Churazov, et al., Nature 406, 512 (2014)

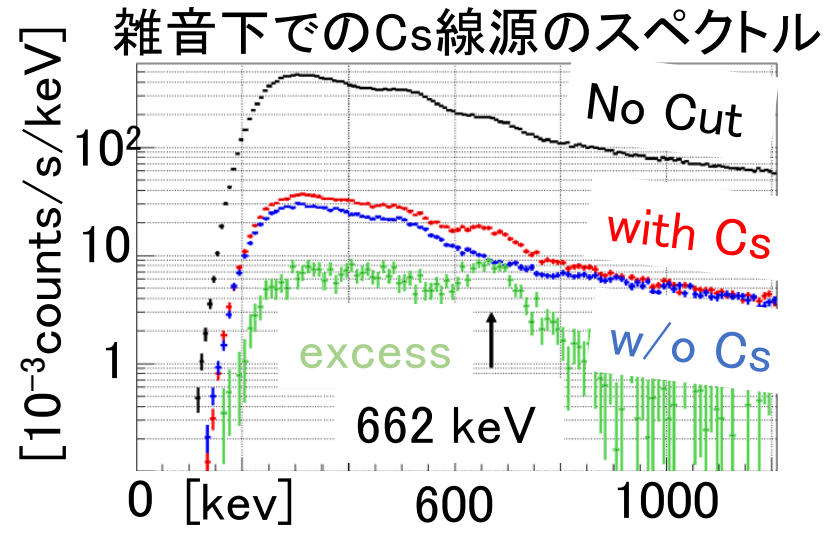
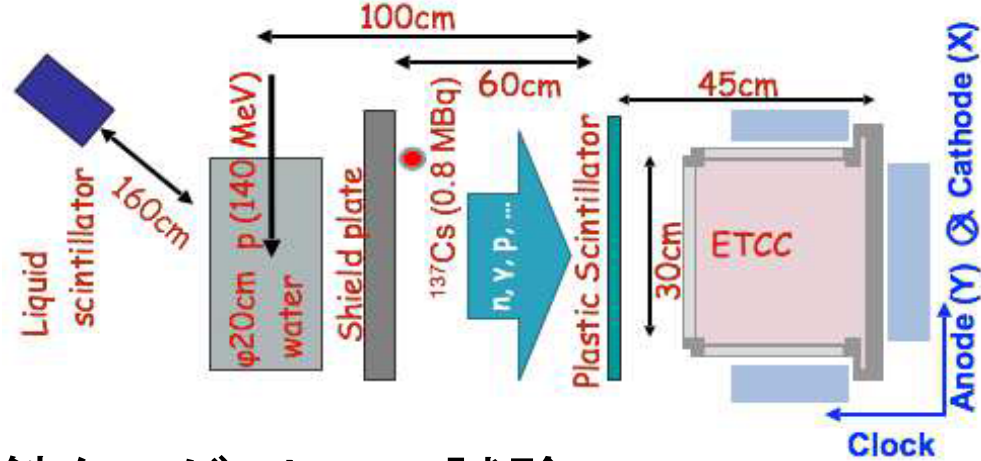
MeV帯域での問題  
雑音除去できてない  
到来方向決定精度が低い



これらを克服できる検出器としてETCCを開発  
核ガンマ線の観測能力を調査

# 2013実験 高雑音下でのガンマ線イメージング実験

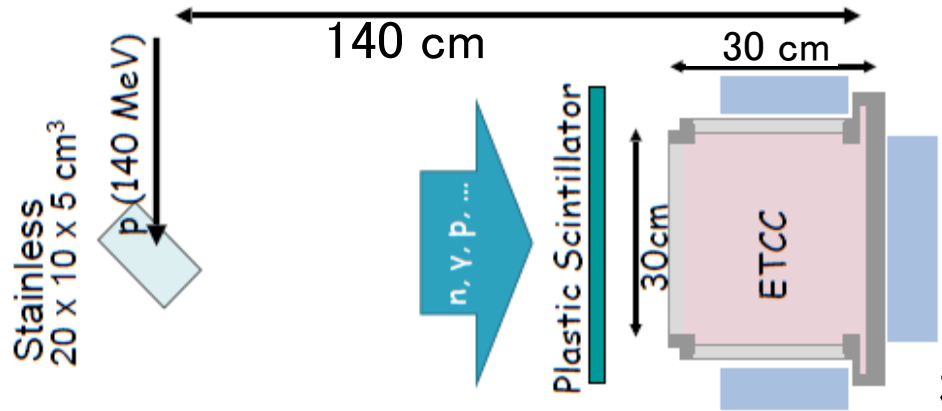
陽子ビームを利用し気球高度を模した高雑音環境を作る 宇宙の五倍うるさい



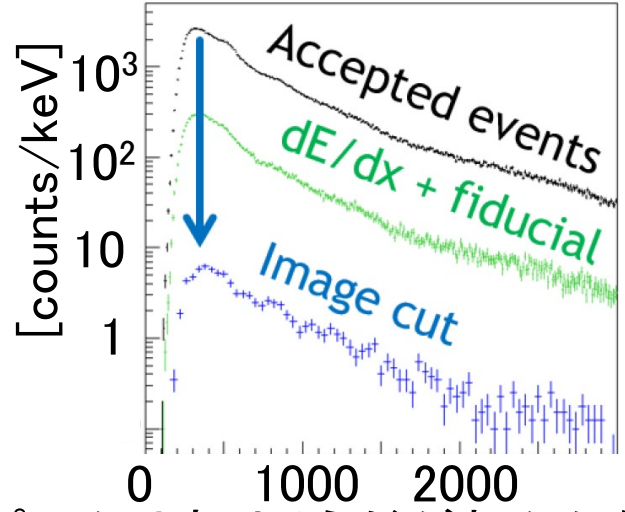
高雑音下でCs137の662 keVを検出

## 鉄ターゲットでの試験

もっと天体に似たターゲットで測りたい  
陽子が鉄を励起 847 keVや1238 keVが  
 $^{56}\text{Fe}^* \rightarrow ^{56}\text{Fe} + \gamma$  検出できないか？



## 鉄ターゲットのスペクトル



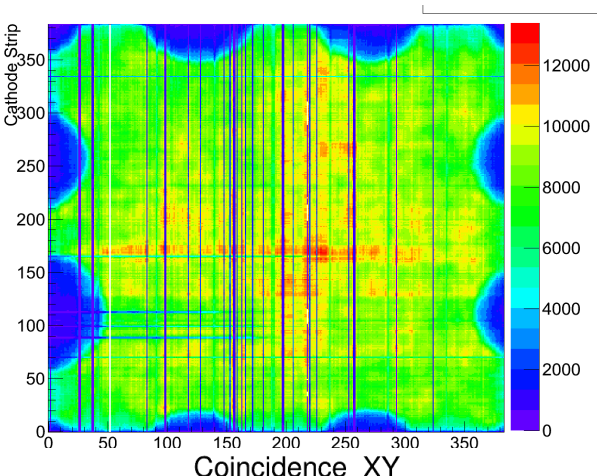
ピークはありそうだがわからない

検出器の改良やセットアップの改善が必要

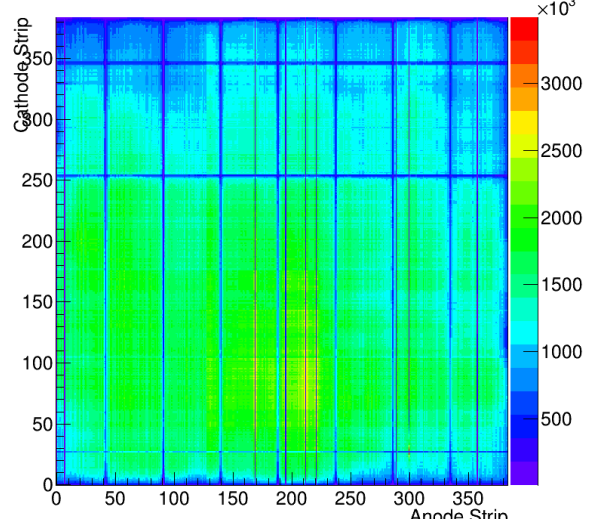
# ETCCの改良2013からの変化

Drift cageの改良で有効面積が増大

TPCのヒットマップ



Drift cage内の絶縁体の柱で電場にゆがむ

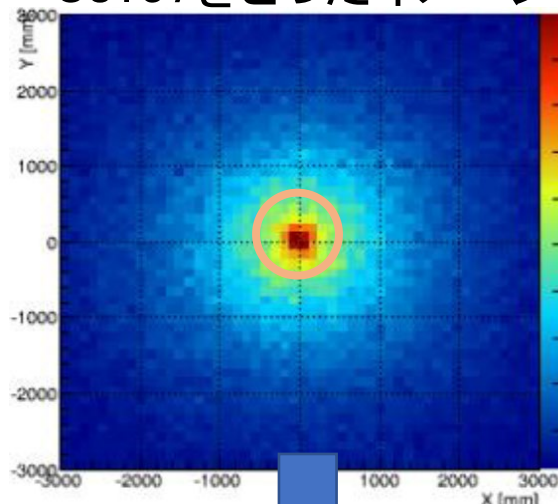


柱を外側に  
使える領域が増えた

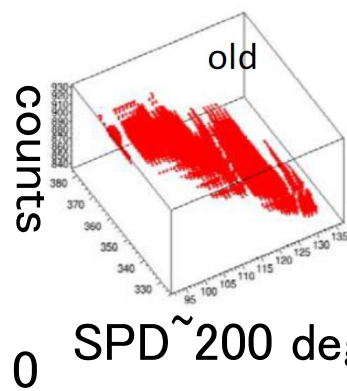
有効面積が1.5倍に

飛跡解析の改良で角度分解能向上

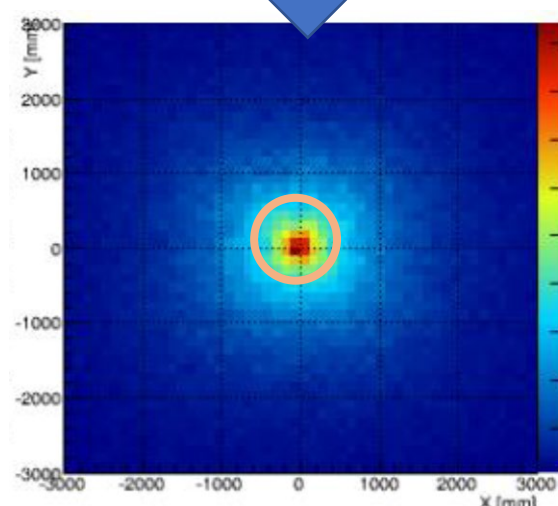
Cs137をとったイメージ 補正前



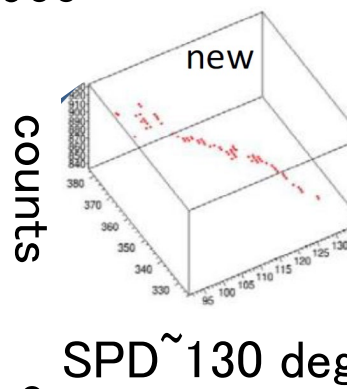
450



SPD ~ 200 deg



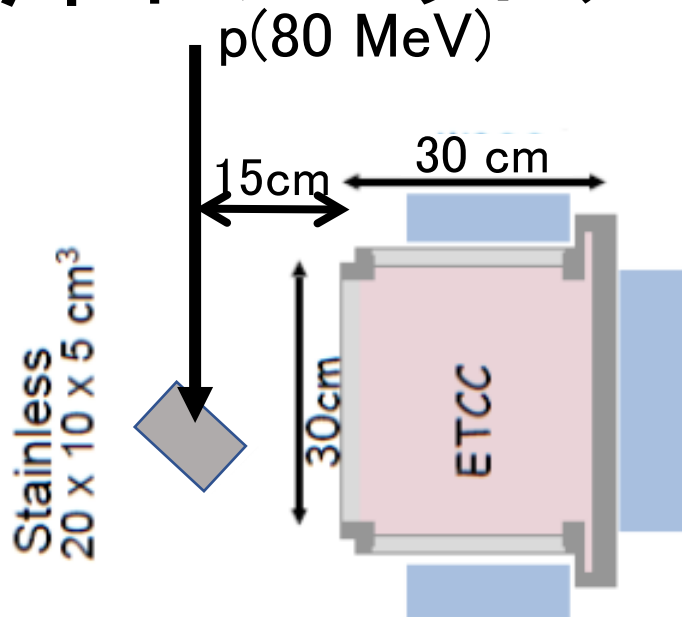
900



SPD ~ 130 deg.

感度が1.5倍、SPD ~ 130 deg.に向上

# 今回のセットアップ



雑音環境下で鉄からの励起ガンマ線を観測

阪大RCNPのFコースにて  
2016/10/29-11/1まで試験

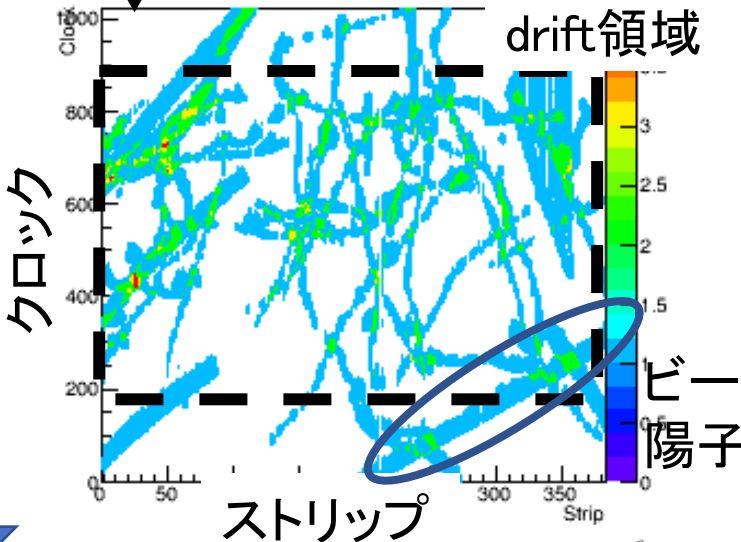
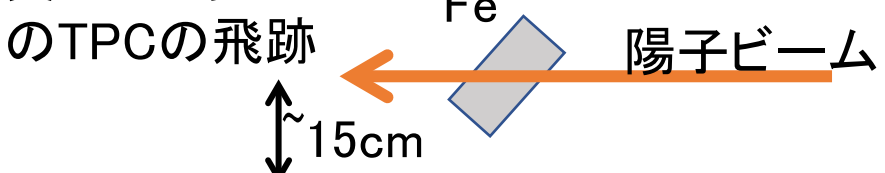
80 MeV陽子を鉄に照射  
ビーム強度 < 1 nA

前回からの変更点

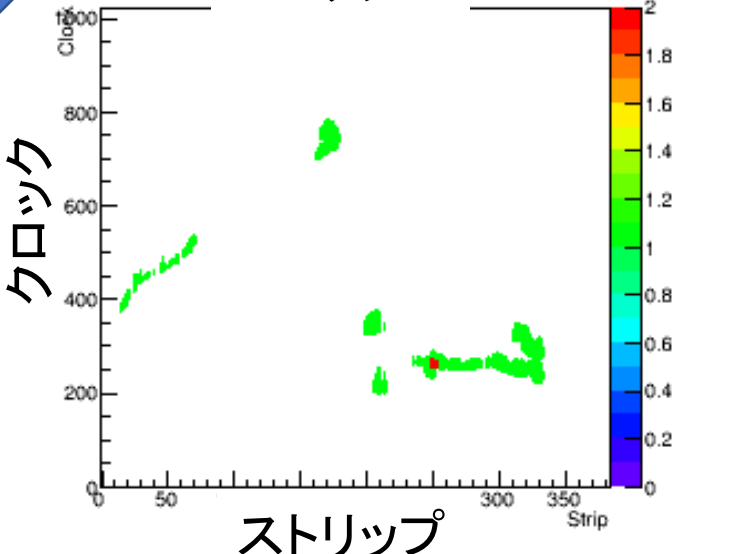
- ・距離: 1 m → 15 cm
- ・ビームエネルギー: 140 MeVから 80 MeV
- ・vetoは置かない
- ・ETCCの性能改善

# 実際の環境 @6 pA

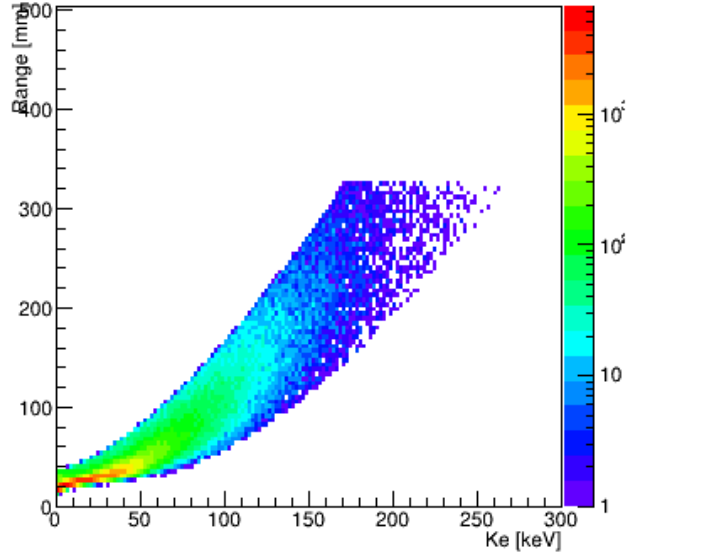
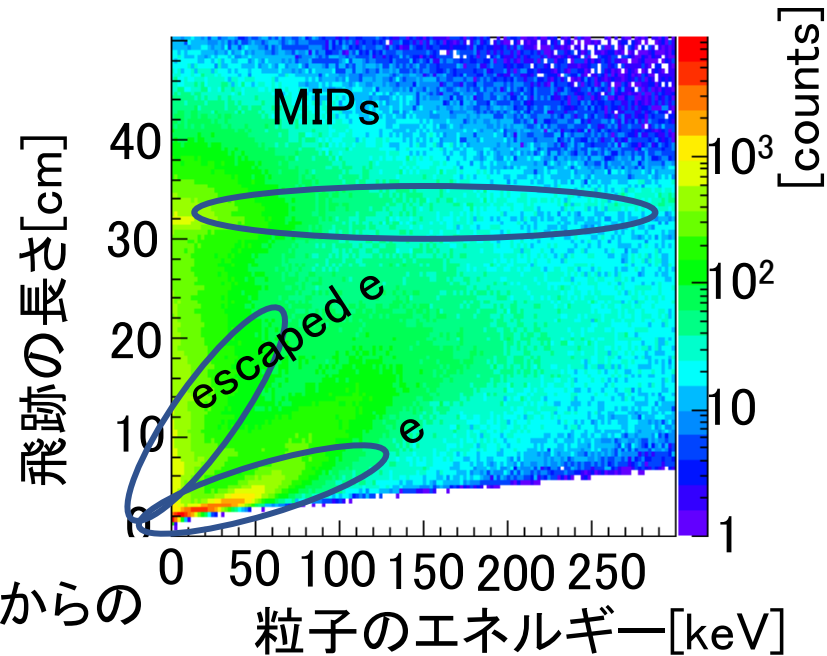
真上から見たとき  
のTPCの飛跡



カット後



# TPCで測った電離損失



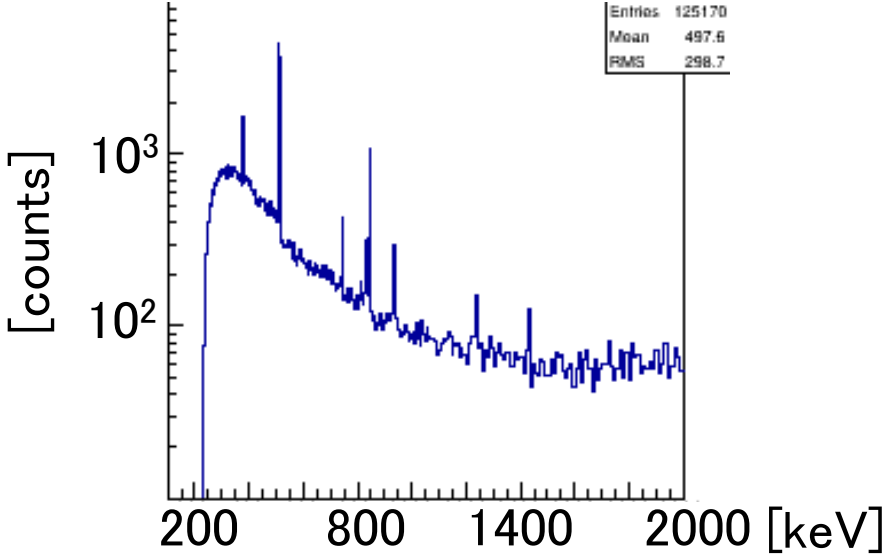
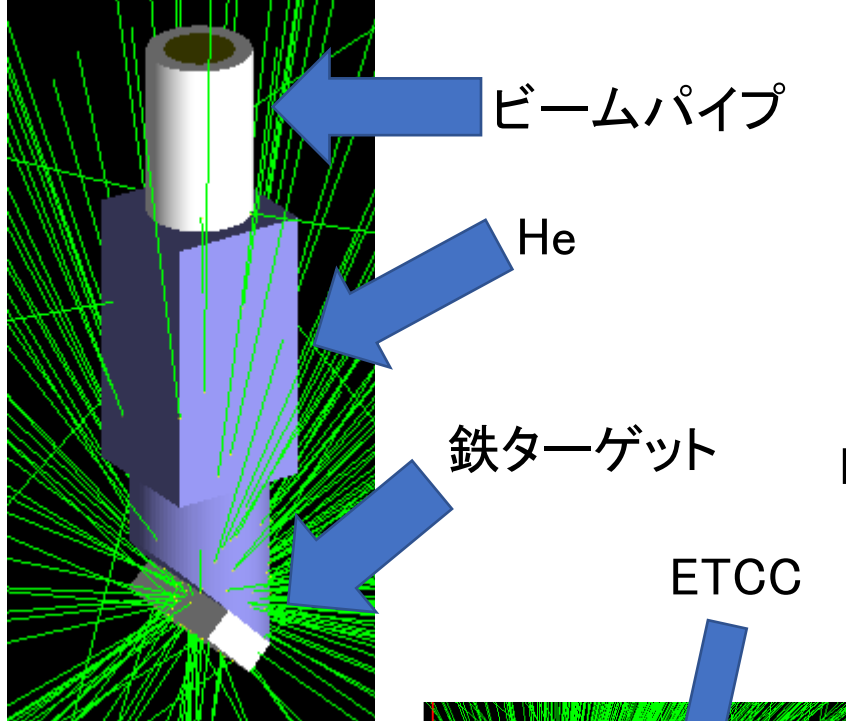
電子以外に多数の荷電粒子

# Geant4によるシミュレーション

## セットアップ

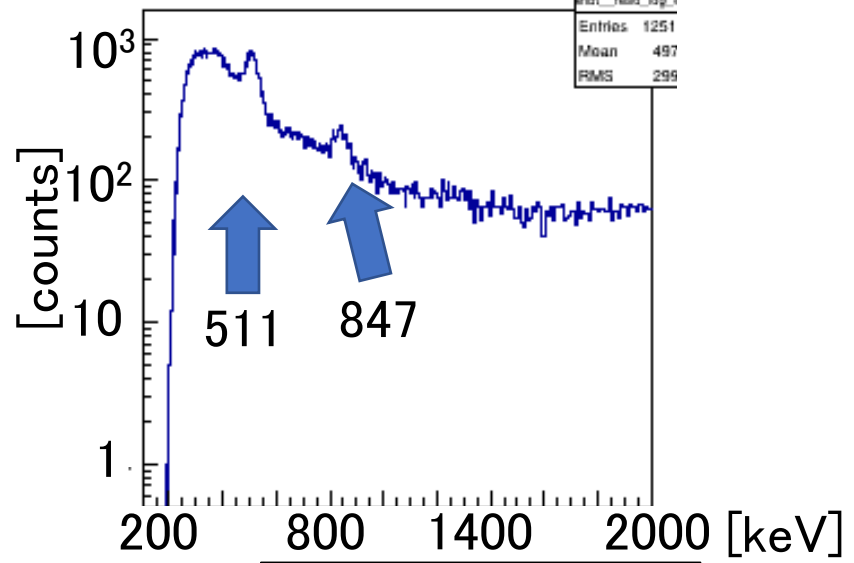
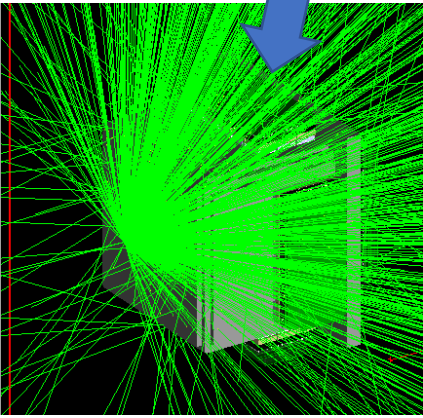
- \* バージョン:10.01.p01
- \* 物理リスト:Shielding

## ターゲット表面から出てくるガンマ線のスペクトル



ターゲットからの  
 $\gamma$ のエネルギーと  
方向の分布を作る

## ETCCで検出されたときのスペクトル



同じ分布でETCCに  
ガンマ線を降らせる

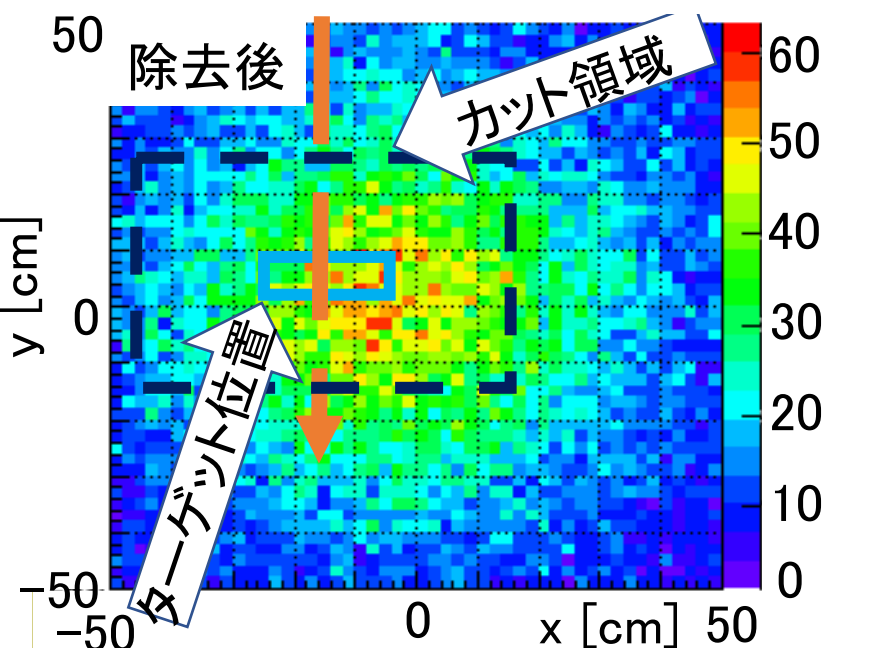
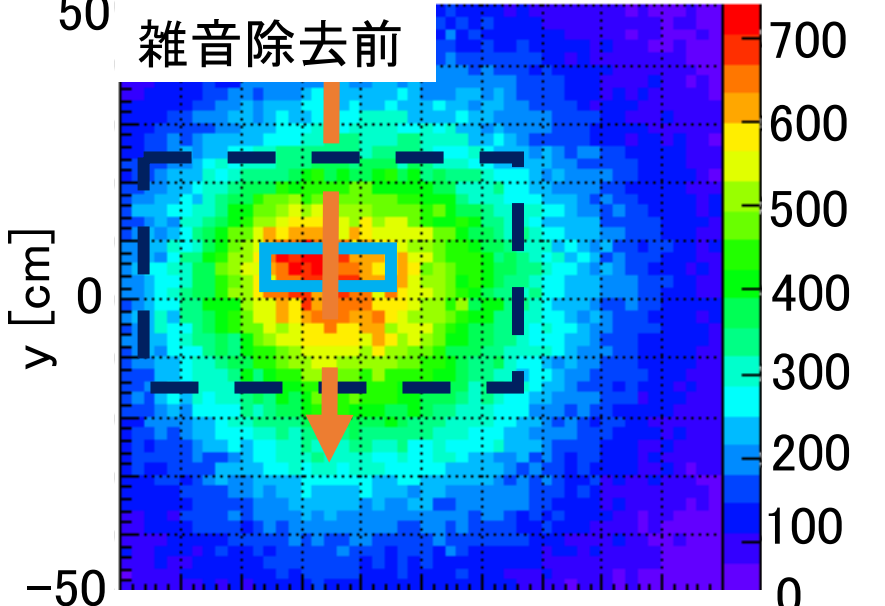
847 keVが見える

# 結果

6 pAで~5 hours

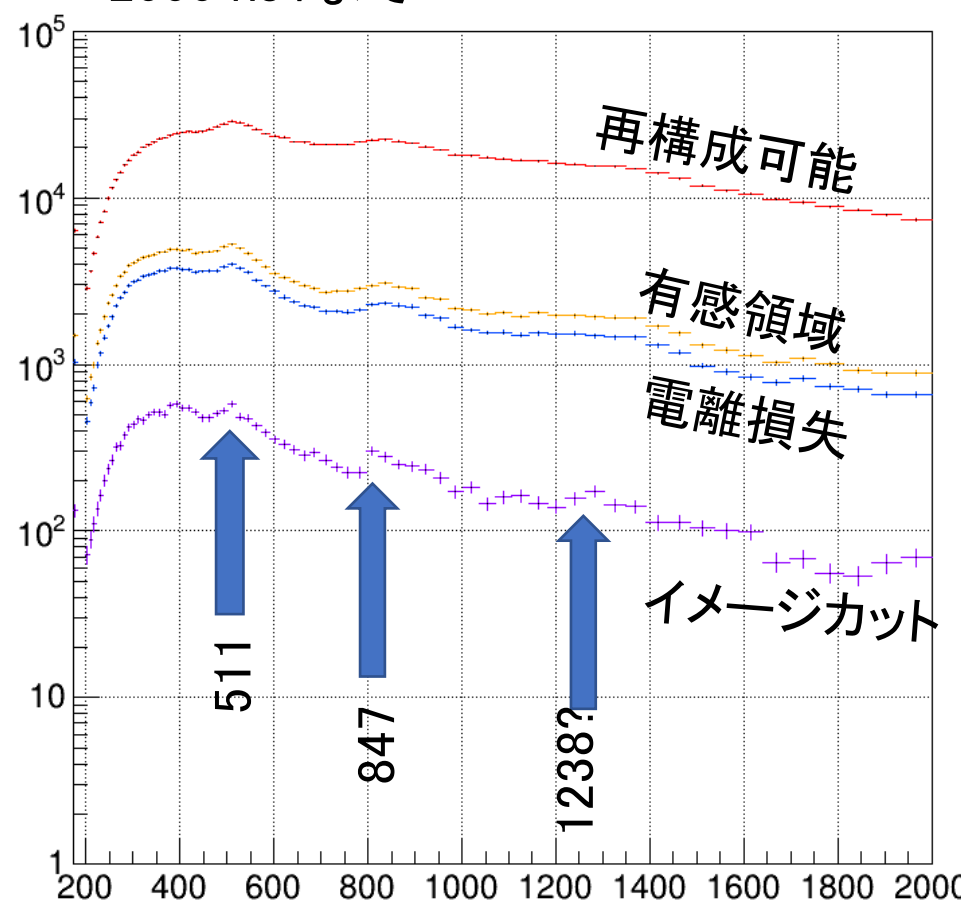
再構成画像

[counts]



カット前の図

2000 keVまで



847 keVっぽいものが見えてる  
ビーム方向にずれてはいる  
解析はまだまだこれから



# まとめ

核ガンマ線は元素合成の過程や星の爆発機構を知る手掛かりになる  
雑音除去、イメージングの必要性

2013年に陽子ビームを用いて核ガンマ線の観測実験  
高雑音下でCs線源からの662keVの検出に成功している  
より天体に似せたソースとしてFeターゲットに陽子ビームを当て  
励起核からの847 keV、1238 keVの観測を目指したが検出には至らず

2013から2016での性能の改善  
有効面積が1.5倍  
角度分解能がSPDで 200 deg. → 130 deg.に

性能が改善を受けて2016に再度試験  
Feターゲットからの847 keVを検出  
解析はまだまだこれから  
キヤルの補正、ランダムコインシデンスの除去など