

NEWAGE実験50: 低アルファ μ -PICを用いた 地下実験経過報告

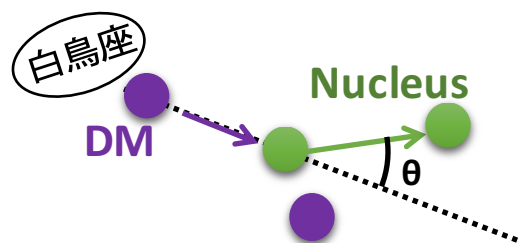
橋本隆(神戸大)

身内賢太郎, 中村輝石, 池田智法, 石浦宏尚, 越智敦彦, 伊藤博士

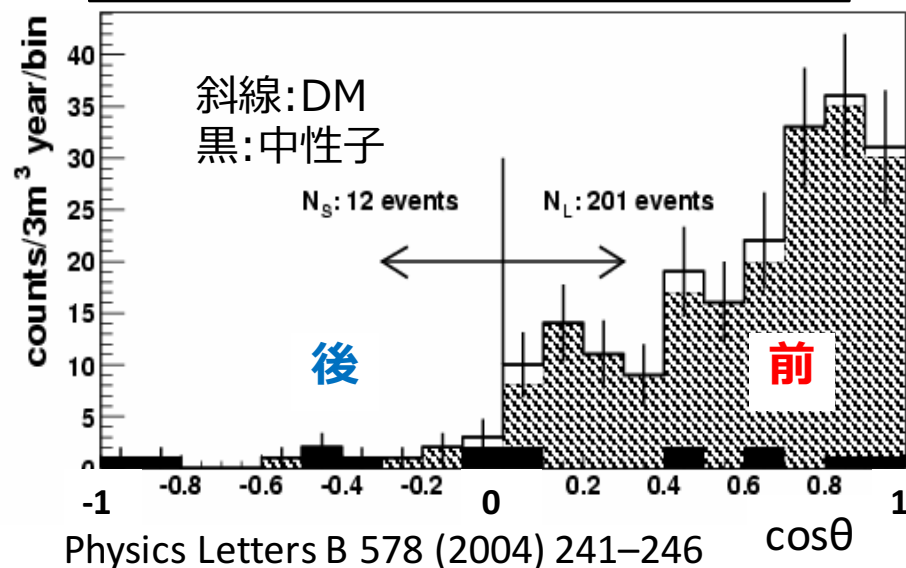
1. NEWAGE
2. これまでの研究
3. 地下実験経過報告
4. まとめ

NEWAGE (NEw generation WIMP search with an Advanced Gaseous tracker Experiment)

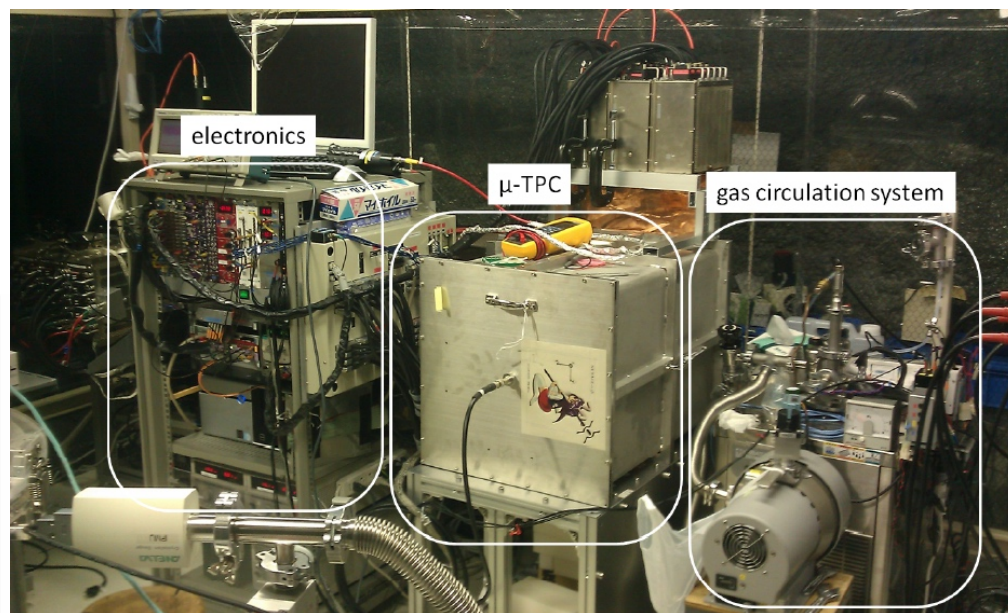
- 神戸大学主導の**方向に感度を持つ**暗黒物質直接探索実験
- 到来方向異方性の観測を目指す
- ガス検出器「マイクロTPC」を用いる



期待される到来方向異方性(数倍)



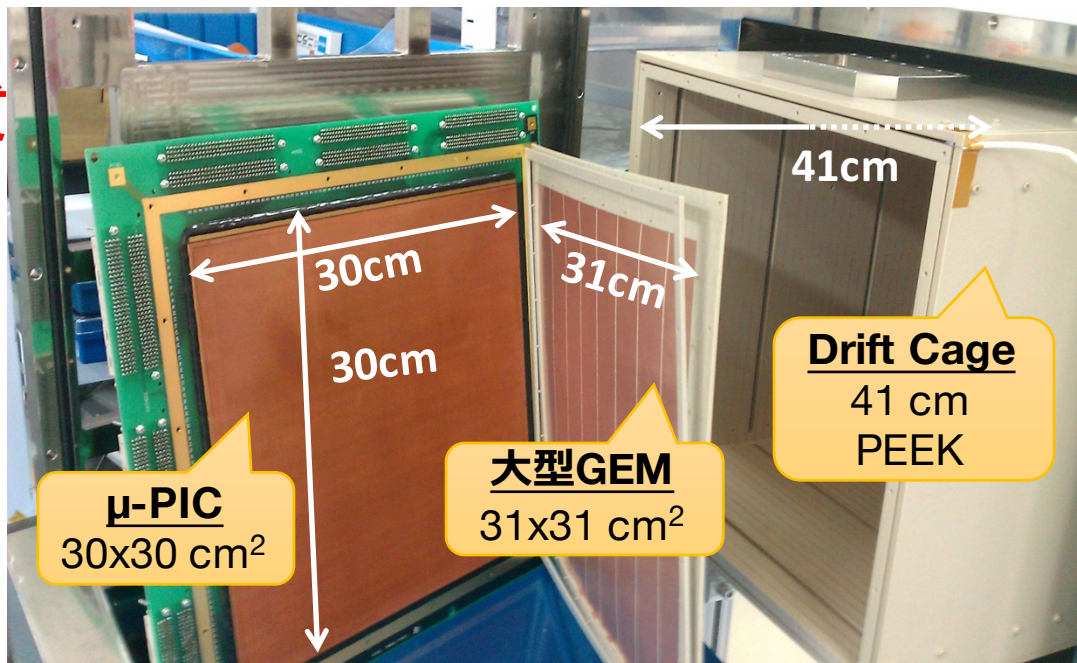
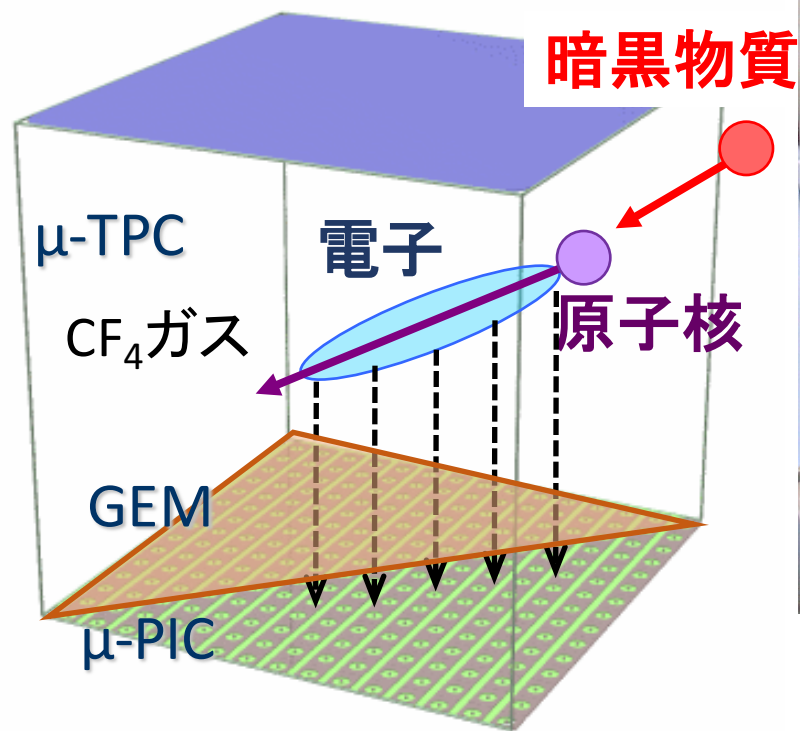
Physics Letters B 578 (2004) 241–246



NEWAGE検出器『NEWAGE-0.3b』@神岡地下実験施設

検出原理、検出器

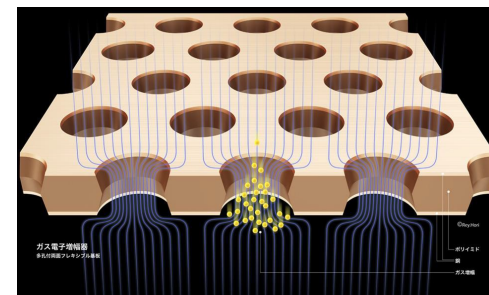
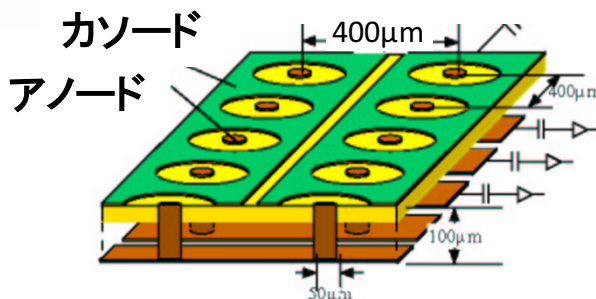
ガス検出器『マイクロTPC』



$\mu\text{-PIC}$: アノードピクセルの間隔400 μm (ガス利得 $\sim 10^3$)

GEM : 中間増幅器 (ガス利得 ~ 10)

- 検出領域
30×30×41 cm³
- ガス
 CF_4 (0.1気圧)

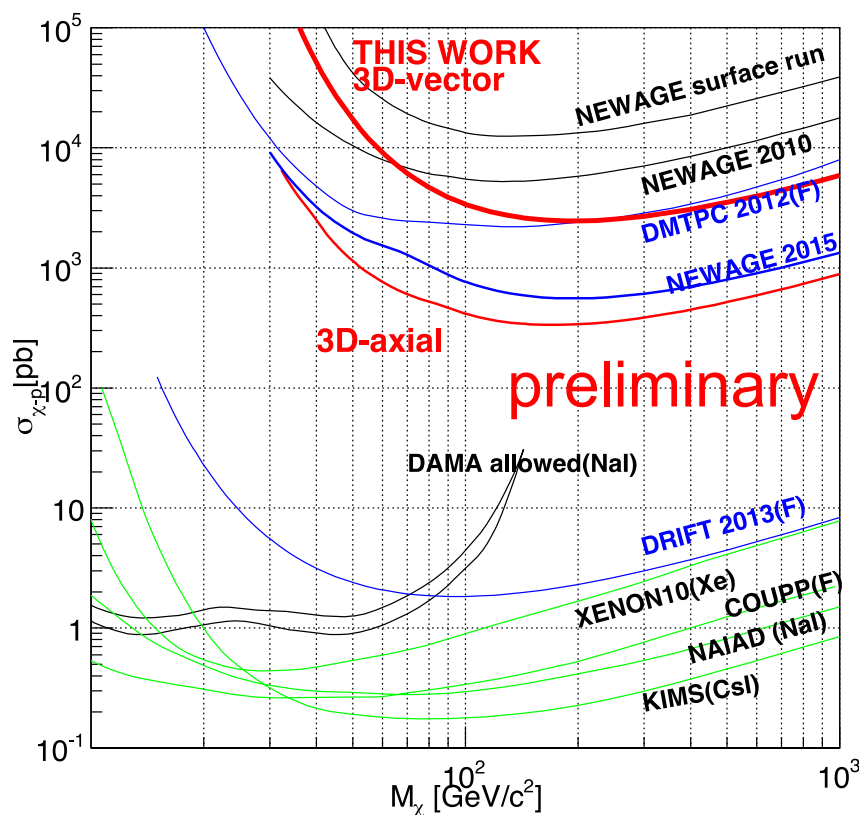


最新結果

RUN14-18の条件

- period : 2013/7/20~8/11, 10/19~11/12
- live time : 434.85 days
- fiducial volume : $28 \times 24 \times 41 \text{ cm}^3$
- mass : 10.36 g
- exposure : 4.51 kg · days

SD 90% C.L. upper limits and allowed region



矢ヶ部遼太博士論文2018年神戸大

方向感度では世界最良

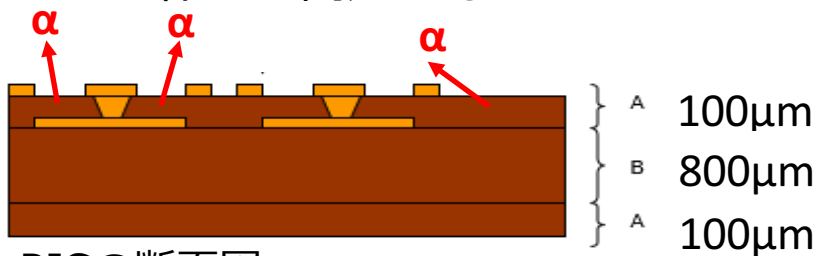
- 3D-axial(前後判定なし)では世界最良
 - $E_{th} = 50 \text{ keV}$
- 3D-vector(前後判定あり)では世界初
 - $E_{th} = 100 \text{ keV}$
- 従来型の暗黒物質直接探索実験の感度には届いていない
- 現在の感度を制限しているのは暗黒物質以外のイベント(バックグラウンド:以下 BG)
- さらに良い制限を更新するにはBGの理解・低減が重要

これまで：BGの理解と低減

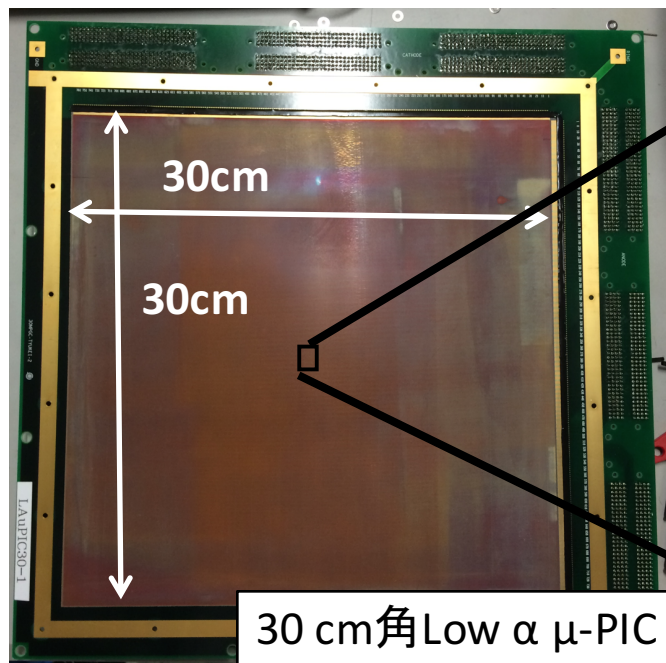
2014年秋季大会 橋本発表
2015年年次大会 橋本発表
2015年秋季大会 橋本発表

- BGは μ -PIC補強材のガラス繊維に含まれる**U/Th系列由来の α 線**
 - 電極側の側の図中A部分がBG源
 - α 線は解析的に除去しづらい、BG源を根本的に取り除く必要あり
- A部分を新材料にした『Low α μ -PIC』の開発
 - 工作上的問題はなし

2016年年次大会 橋本発表
2017年年次大会 橋本発表



測定試料	^{238}U [ppm]	^{232}Th [ppm]	備考
PI100μm	0.39 ± 0.01	1.81 ± 0.04	現行 μ -PIC材料
PI+エポキシ	$< 2.98 \times 10^{-3}$	$< 6.77 \times 10^{-3}$	新材料

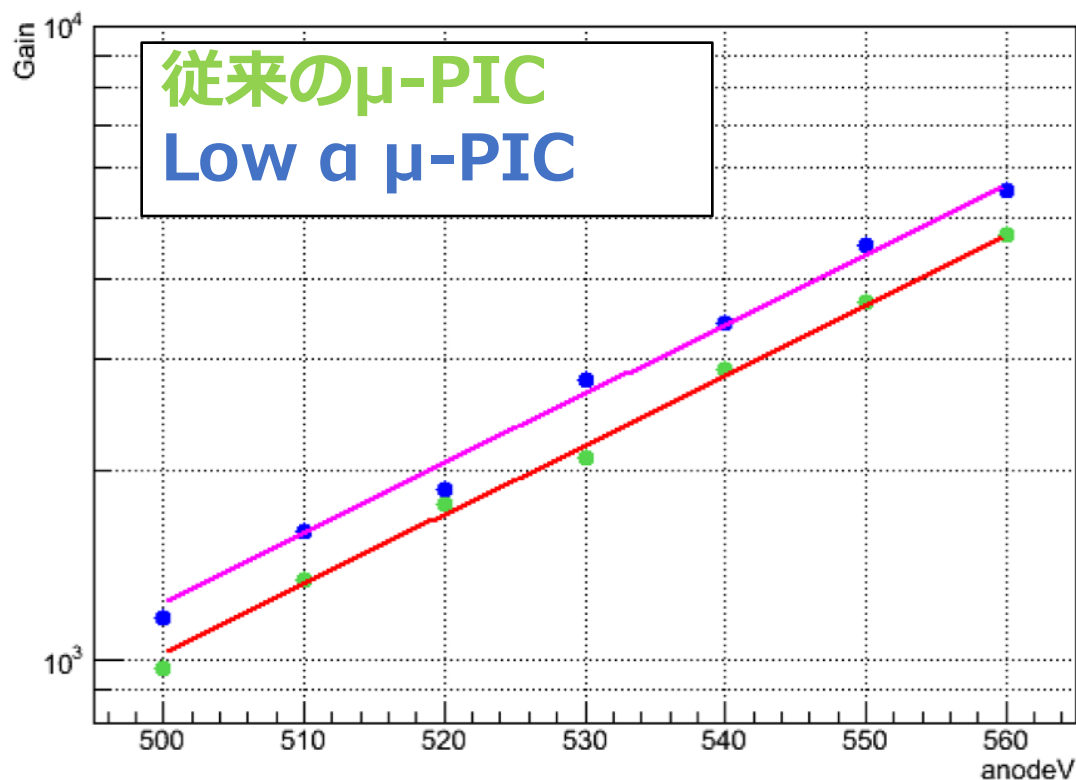


Low α μ -PIC性能評価

- Ar:C₂H₆をガスフローで試験
- PHADCで波高値を記録しゲインを測定
- ゲインの位置依存を確認し従来型と比較
- Low α μ -PICで従来型と同等以上の性能を確認
 - ゲイン差はアノード電極の高さの違いで理解可能

Condition

- Ar:C₂H₆ = 9:1, 1atm
- Drift V : -500 V
- Source : ⁵⁵Fe



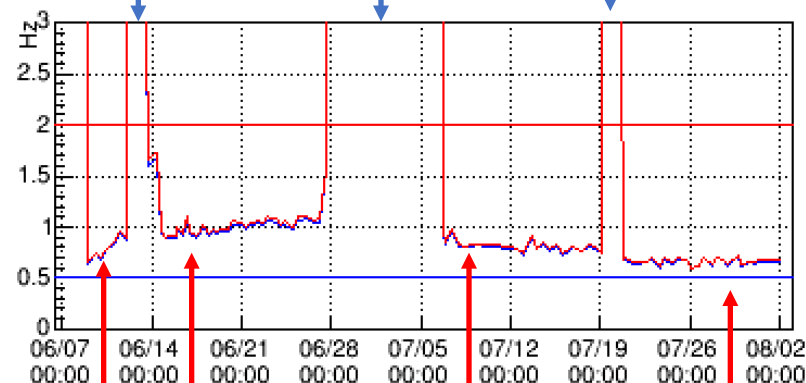
地下実験

神岡RUN22-1

- live time : 47.17 days
 - 2018/6/8~2018/8/9
- fiducial volume : $28 \times 24 \times 41 \text{ cm}^3$
- mass : 10.36 g
- exposure : 0.4887 kg · days

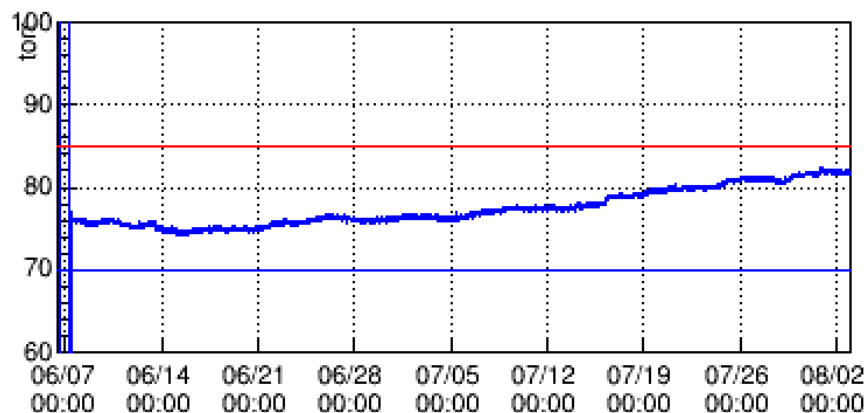
DAQ rate

中性子線源、ガンマ線源を用いた坑内作業

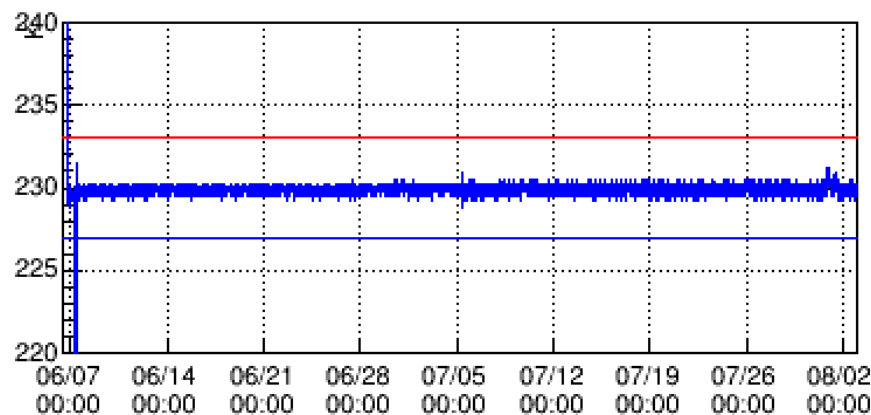


DMrun時~1Hz

ガス圧力



冷却系温度



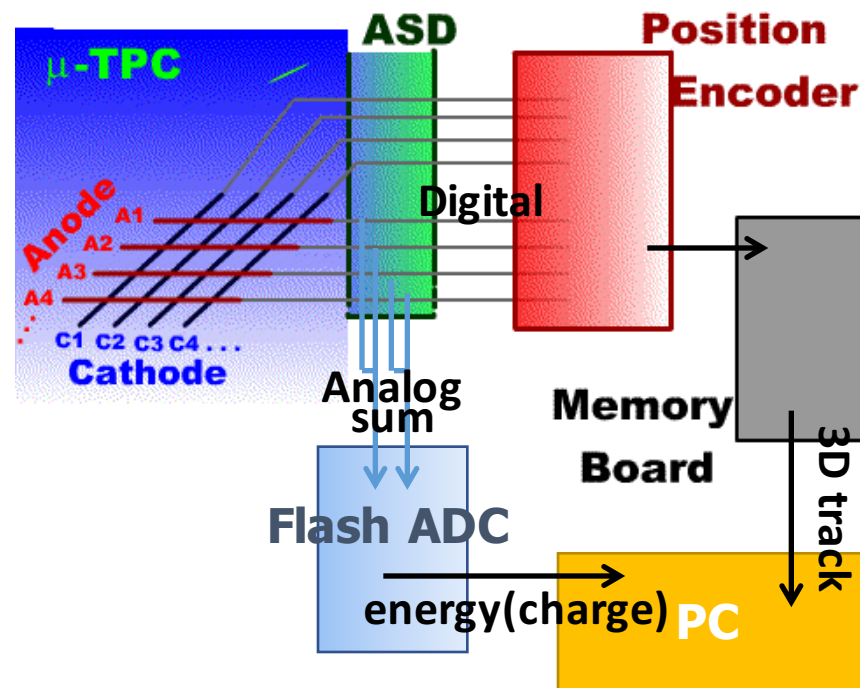
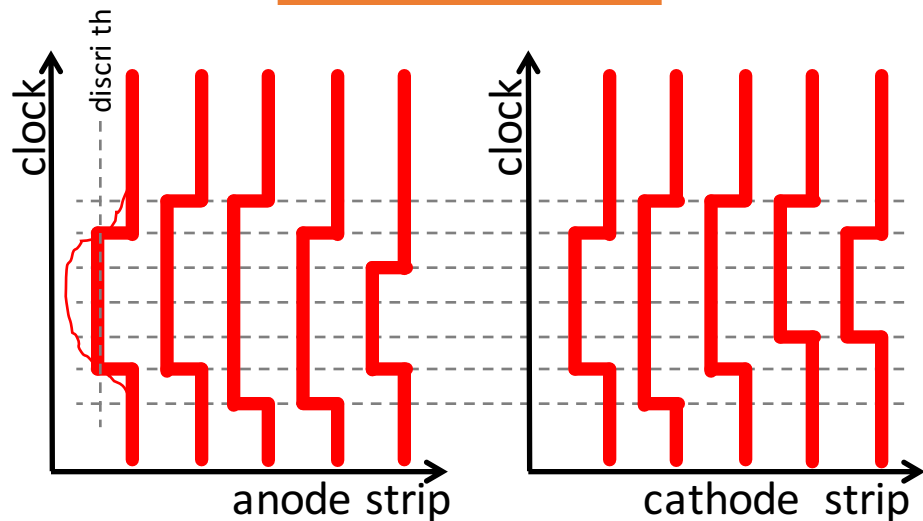
アウトガスの影響で時間経過とともにガス圧上昇

温度はガス圧に影響するパラメータ、安定しておりガス圧に影響を与えていない

NEWAGE-0.3b' データ取得システム

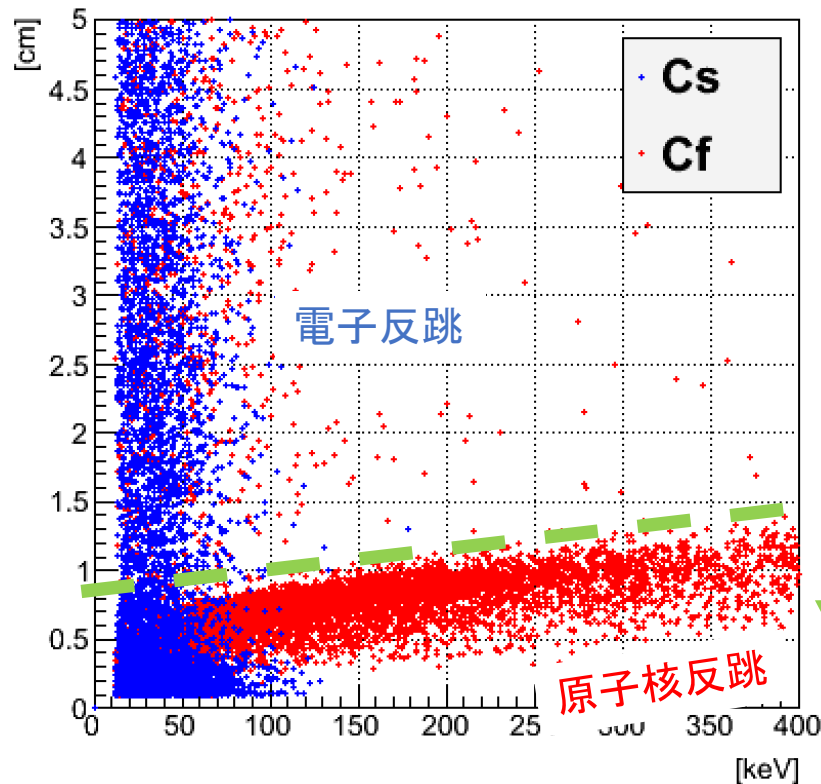
- 各ストリップ毎に信号がスレッシュホールドをこえた時間: Time Over Threshold(TOT)を記録
 - 1eventでのTOTの和 = TOTsum
- FADCから μ -PIC平面12.5cm毎にグルーピングして電荷情報を記録

TOT取得模式図



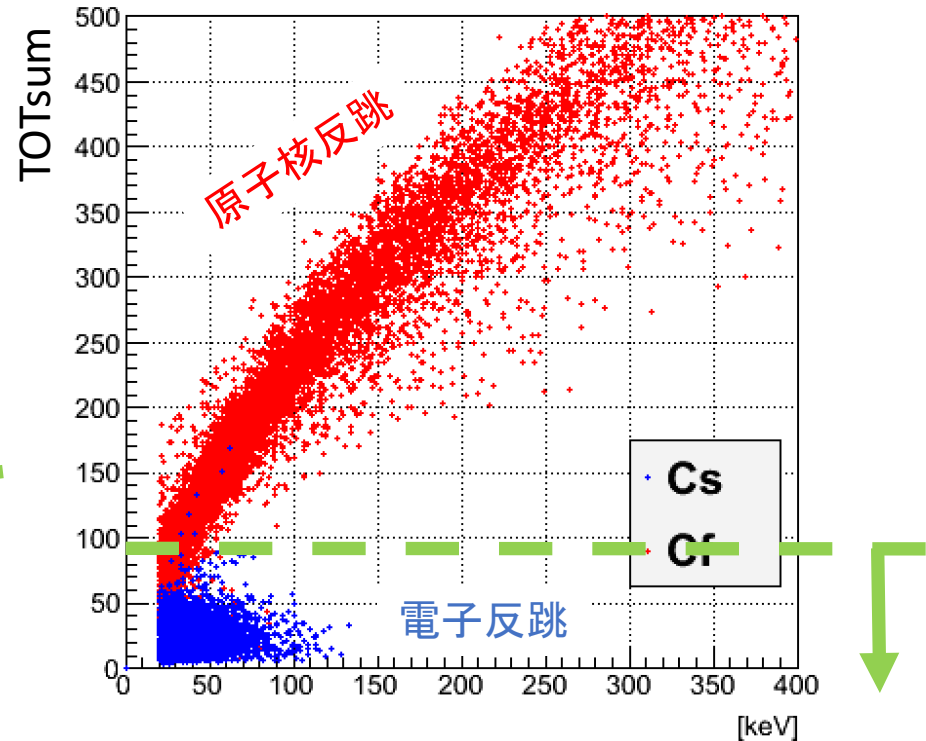
ガンマ線カット

ガンマ線源(^{137}Cs)と中性子線源(^{252}Cf)のデータを比較することでガンマ線カットパラメータを見積もる



第1のカット: length cut

- 原子核反跳(Cf) : 短い
- 電子反跳(Cs) : 長い



第2のカット: TOTsum cut

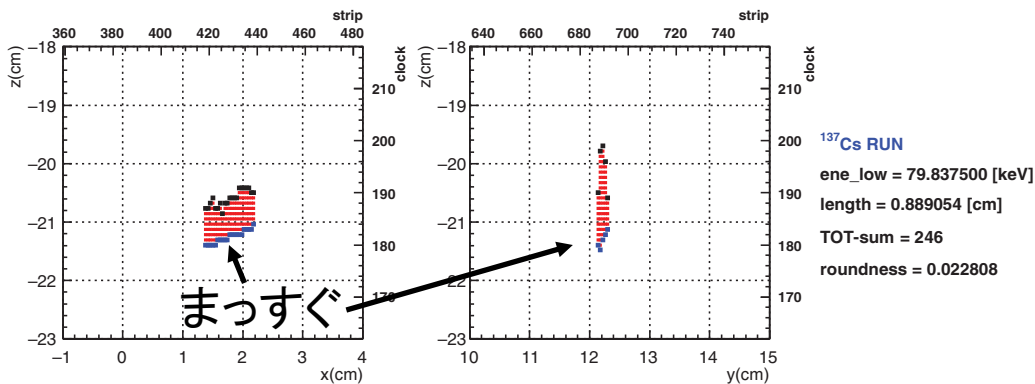
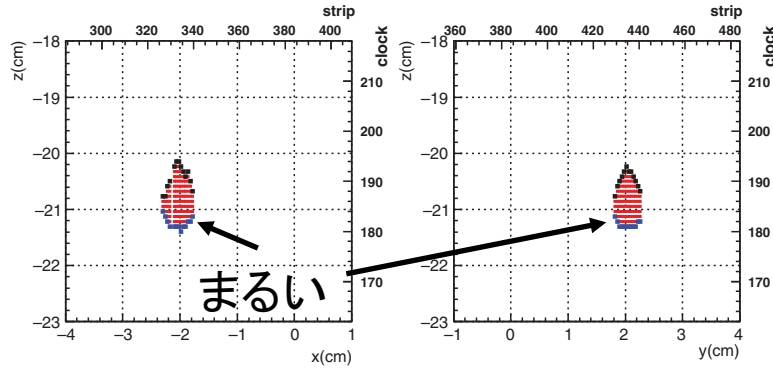
- 原子核反跳(Cf) : エネルギー損失が大きい
- 電子反跳(Cs) : エネルギー損失が小さい

ガンマ線カット

前ページのカット後のデータでroundnessを元に考察

roundness: 立ち上がり点(左図中青点)でみた飛跡形状の丸さ

PTEP (2015)043F01

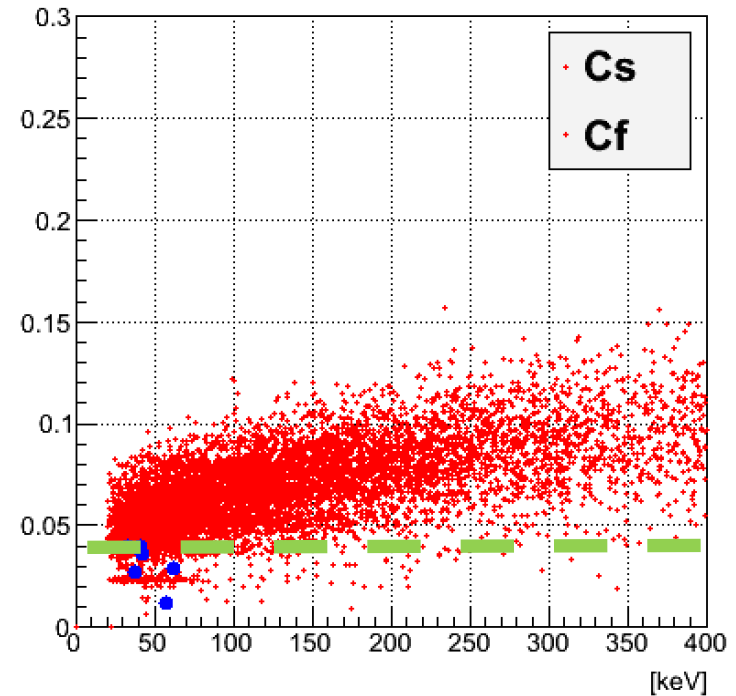


$$\text{roundness}_x = \frac{\sum_{N_x} (z_{\text{rise}_x} - a_x x - b_x)^2}{N_x}, \quad \text{roundness}_y = \frac{\sum_{N_y} (z_{\text{rise}_y} - a_y y - b_y)^2}{N_y},$$

$$\text{roundness} = \min(\text{roundness}_x, \text{roundness}_y),$$

²⁵²Cf RUN
ene_low = 100.783500 [keV]
length = 0.689406 [cm]
TOT-sum = 250
roundness = 0.055549

¹³⁷Cs RUN
ene_low = 79.837500 [keV]
length = 0.889054 [cm]
TOT-sum = 246
roundness = 0.022808

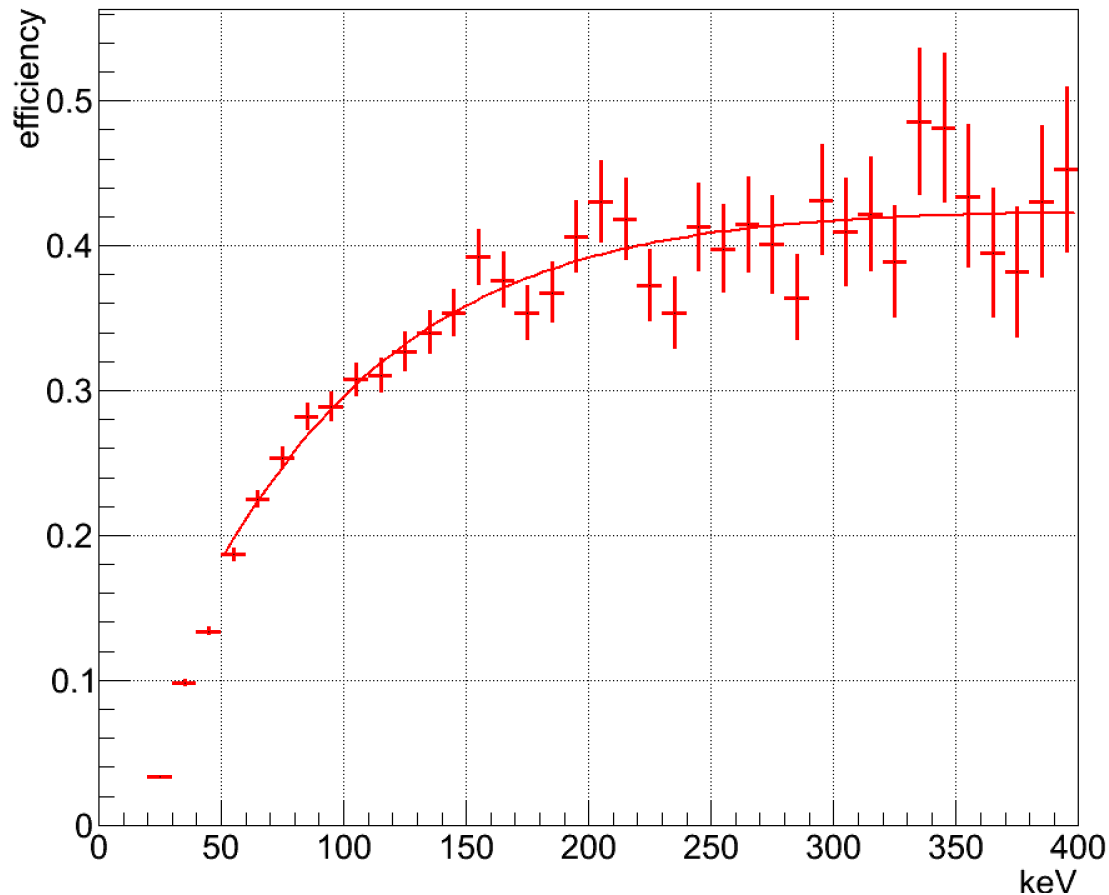


第3のカット: roundness cut

- 原子核反跳(Cf) : まるい
- 電子反跳(Cs) : まっすぐ

原子核反跳事象の検出効率

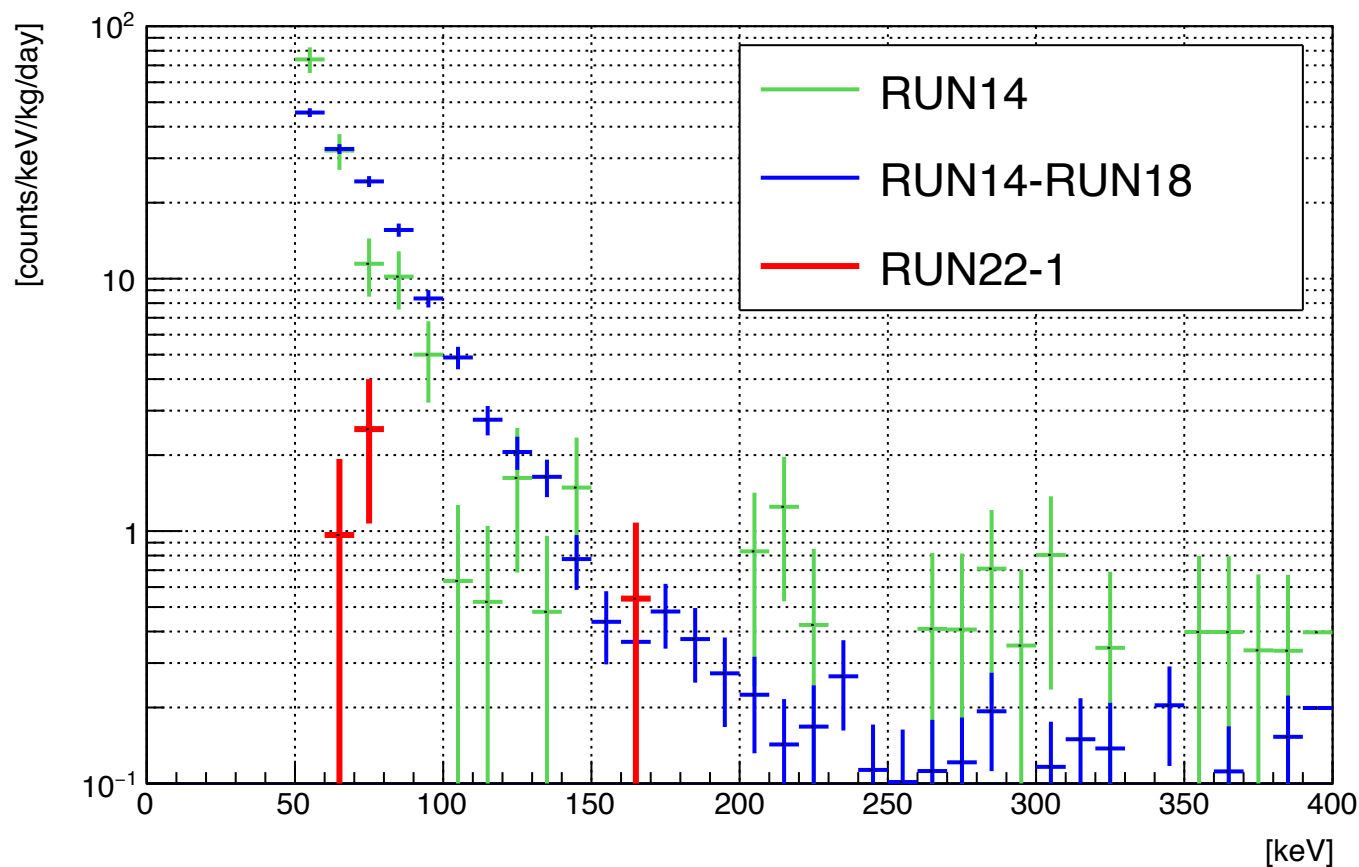
カット後のCf runとシミュレーションを比較することで検出効率を見積り
50keVで~20%



地下実験経過

RUN22-1

- live time : 47.17 days
- exposure : 0.4887 kg · days



- @50keVでBGが $\sim 1/100$ に低減していることを確認
 - 上限値で0.49 count/keV/kg/day @50keV
- Low α 化した影響でBGが低減したと考えられる

今後の課題

- 統計量増大
 - 長期ラン
 - 大型化
- 低スレッシュホルド化
 - 現行エネルギースレッシュホルド以下の領域で角度分解能を確認
- 角度解析 -> 3D-axial/vectorでのリミットへ
- BGスタディ
 - 環境ガンマ線、環境中性子線
 - ガス中ラドン由来
 - μ -PIC由来

まとめ

- NEWAGEは方向に感度を持つ暗黒物質直接探索実験
- NEWAGEにおけるBGの理解・低減
 - 理解：主なBG源はPI100um部分のガラス繊維と判明
 - 低減：PI100um部分を取り替えたLow α μ -PICを製作、地下ヘインストール
- 地下実験経過
 - 低BG化を確認
 - 現在は統計をためているところ
- 今後
 - 角度分解能検討、低スレッショルド化へ
 - 角度解析を行い-> 3D-axial/vectorでのリミット算出
 - 残存BGの理解・低減