



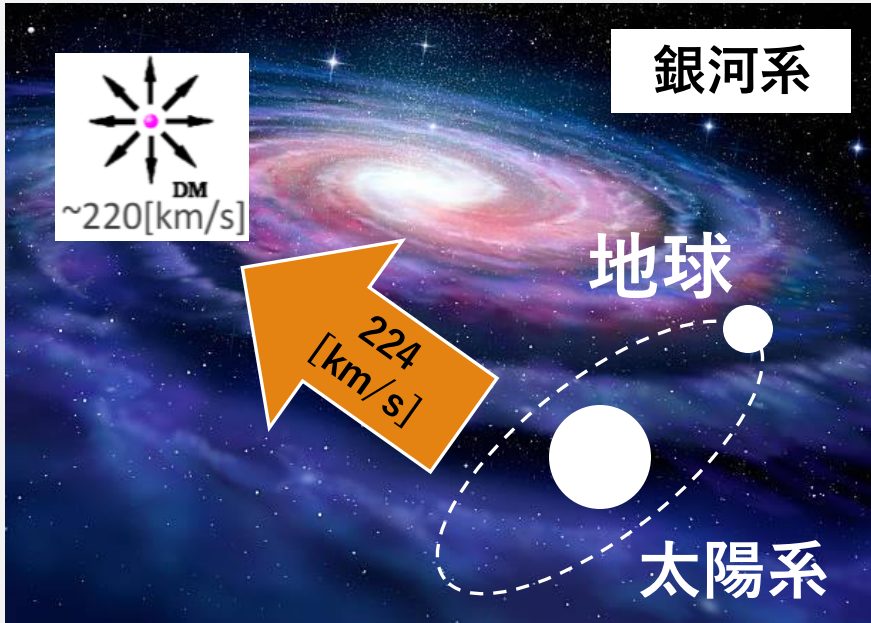
NEWAGEにおける 方向に感度を持つ暗黒物質探索に向けた モジュール型検出器開発

神戸大学 生井 凌太

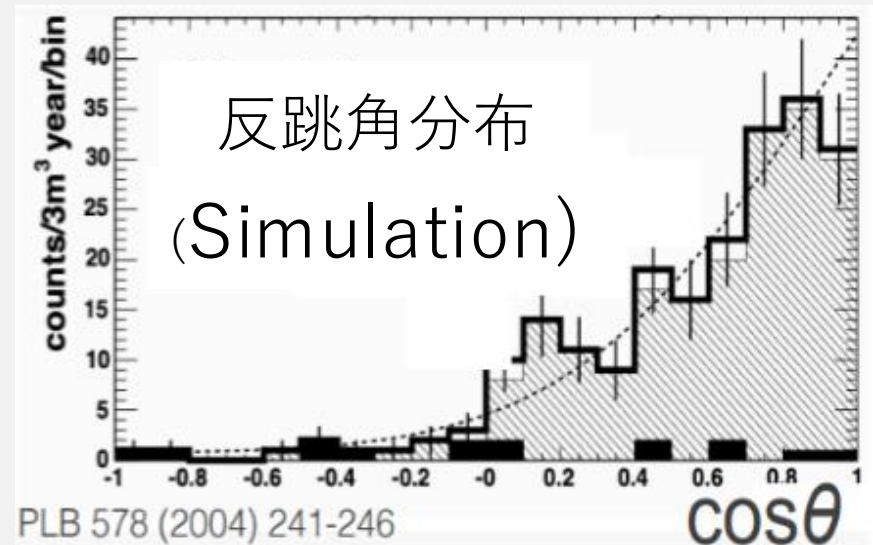
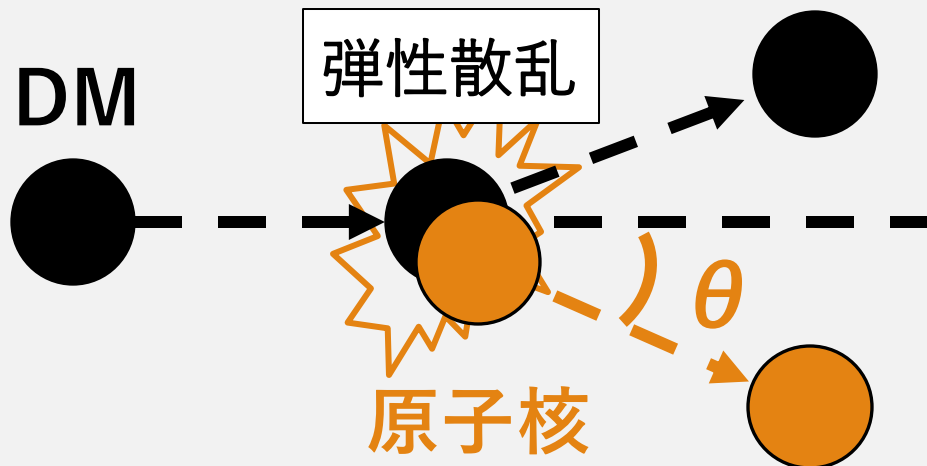
第1回 学術変革「地下稀事象」若手研究会

2025/3/6

方向に感度を持つ暗黒物質探索

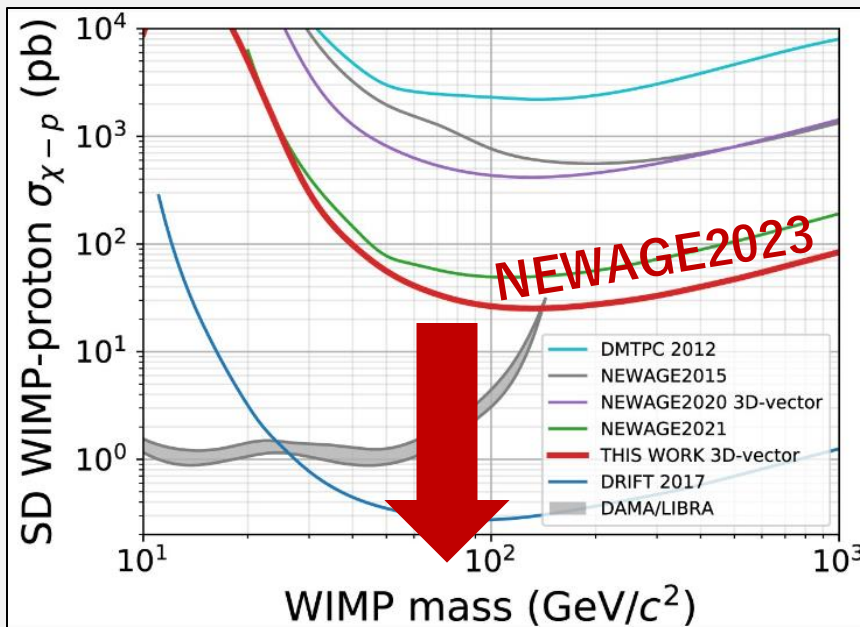
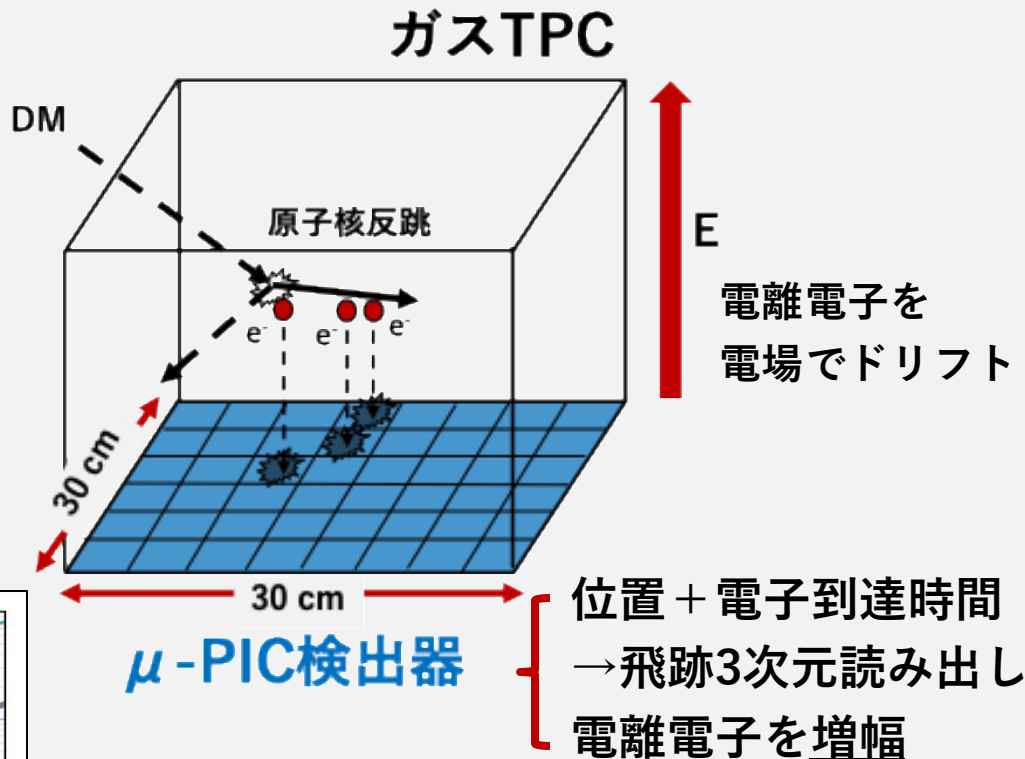
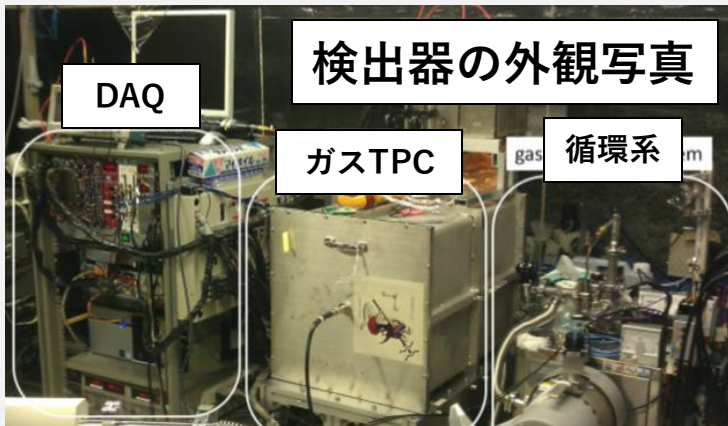


- 宇宙観測による不明な質量の存在
→ 世界中での暗黒物質 (DM) 探索
- 方向に感度を持つ探索
→ DMの到来方向依存性を利用
- どうやって?
→ DM-原子核弾性散乱の反跳角分布を利用 (直接探索)



NEWAGE実験

- 場所：神岡鉱山地下実験室
- 検出器：ガスTPC

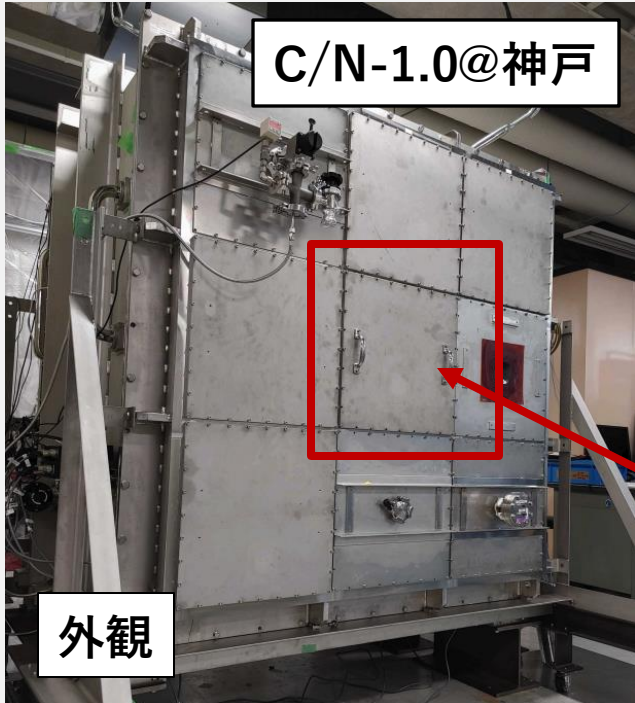


方向に感度を持つDM探索で
世界最高感度

- 更なる感度向上
→ 検出器の大型化

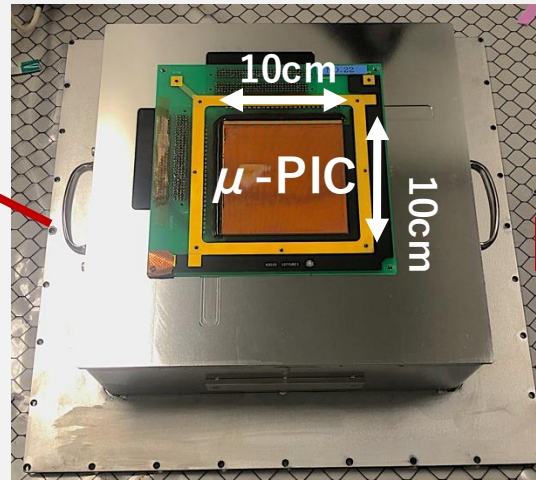
C/N-1.0

- 1 m³級ガスチェンバー（現行NEWAGEの約30倍）

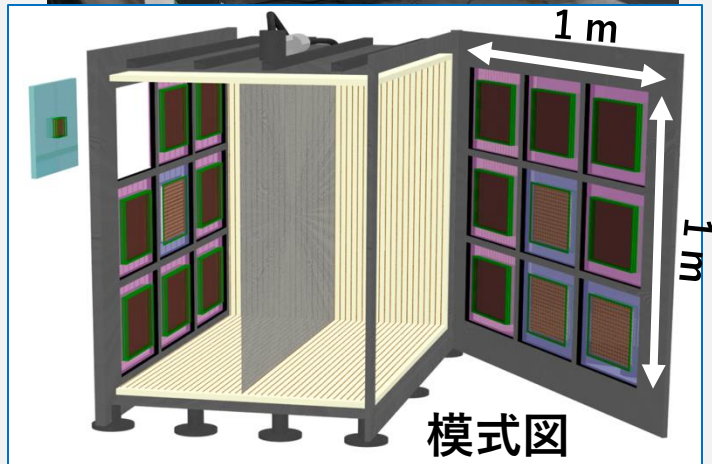


- 搭載する検出器モジュールの開発
- Module-1
 - 現行NEWAGEを模した構成

Module-1



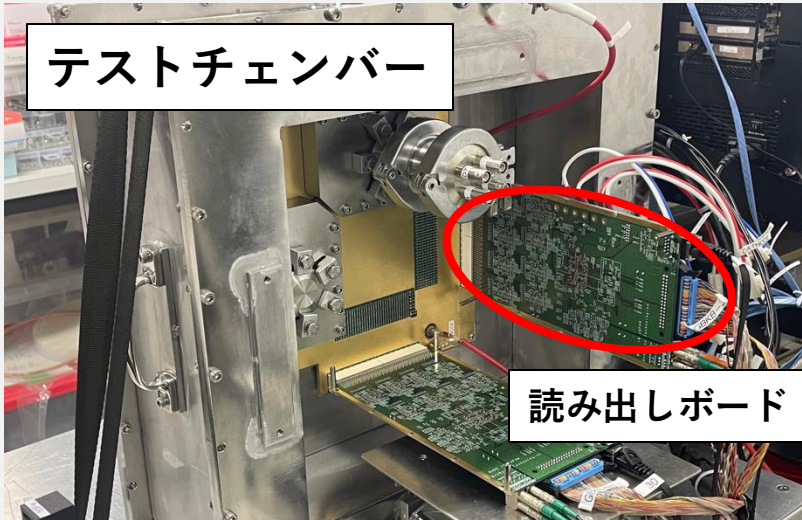
テストチェンバー



- 現行NEWAGEと異なる点
 - ① 電場構造：GND面の場所
 - ② 読み出しストリップ間隔 400 \rightarrow 800 μ m
- 暗黒物質探索可能か性能評価
- ①は問題ないことを確認済

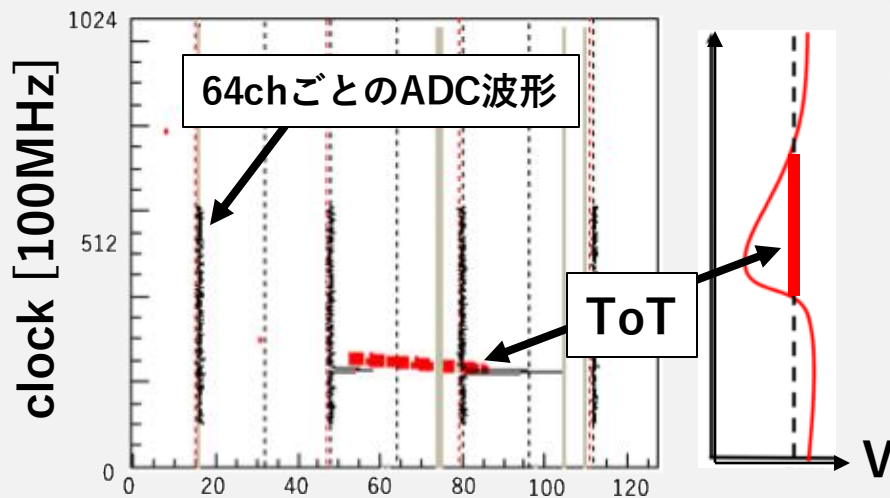
飛跡の再構成

DAQの外観

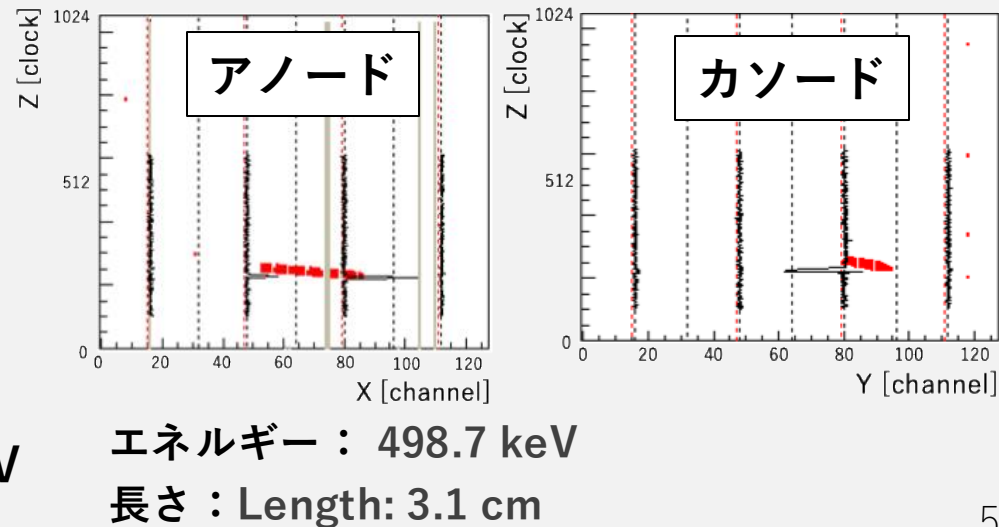


- アノード、カソード各256チャンネル
 - 読み出される信号は2種類
 - 64チャンネルごとに合計したADC波形
用途：信号取得のトリガー、エネルギー解析
 - 2チャンネルごとのTime over Threshold (ToT)
用途：飛跡の長さ、角度解析
- 原子核反跳事象 (NR) の選別 に使用
- 正確な値を得ることが重要

読み出しボードで取得される情報



再構成された飛跡の例



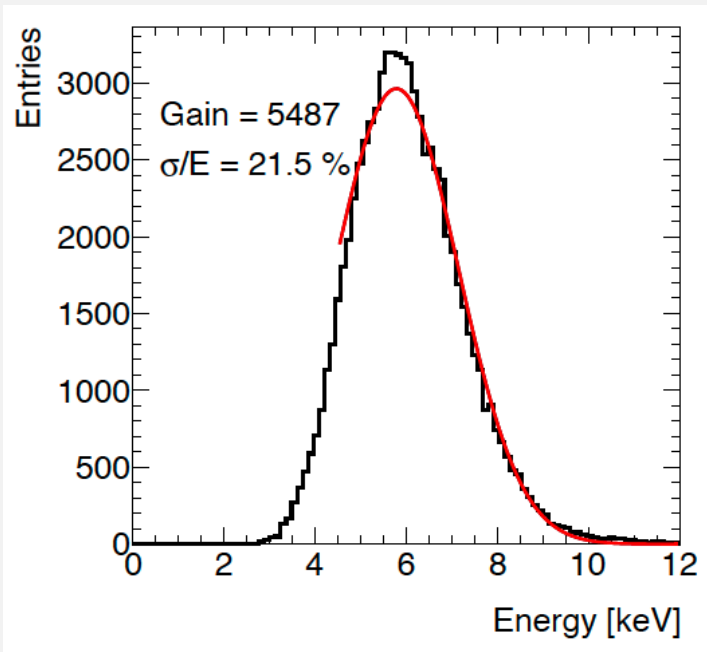
検出器のパラメータ較正

エネルギー、飛跡長を再構成するためには較正値を求める必要がある

- エネルギー

- ^{55}Fe の5.9 keV X線
- CF_4 ガス、0.1 atm (現行NEWAGEと同様)

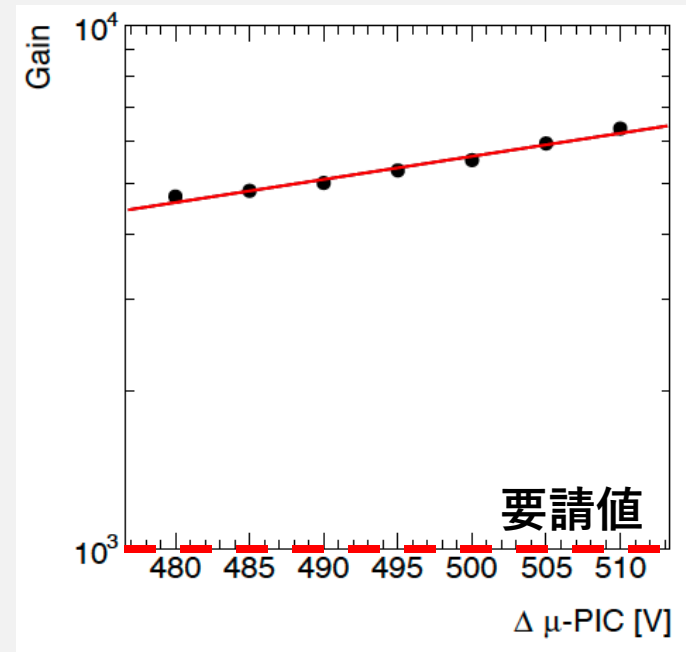
分解能評価 (要請値: $\sigma = 12.4\% @ 50 \text{ keV}$)



- 分解能: $\sigma = 21.5\% @ 5.9 \text{ keV}$

- 外挿により要請値達成可能の見積もり

ゲイン評価 (要請値: > 1000)

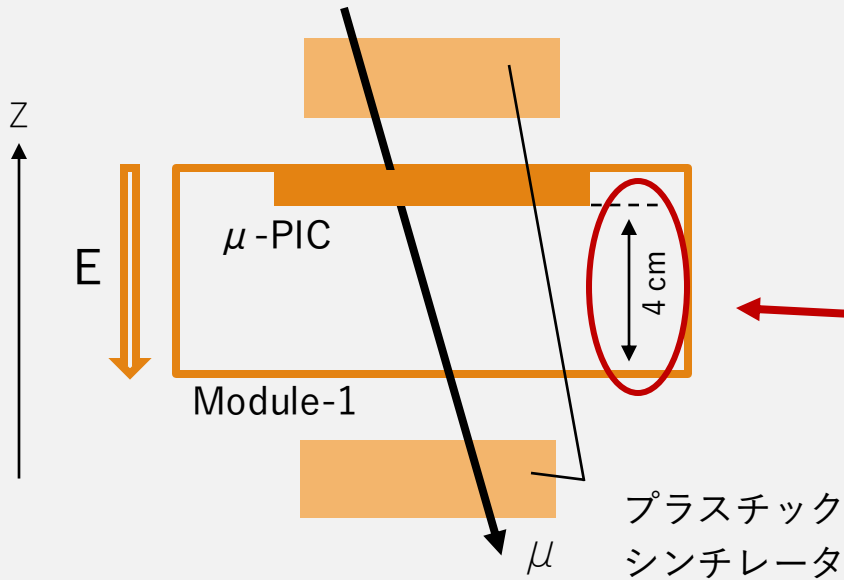


- 放電のない電圧値で達成可能

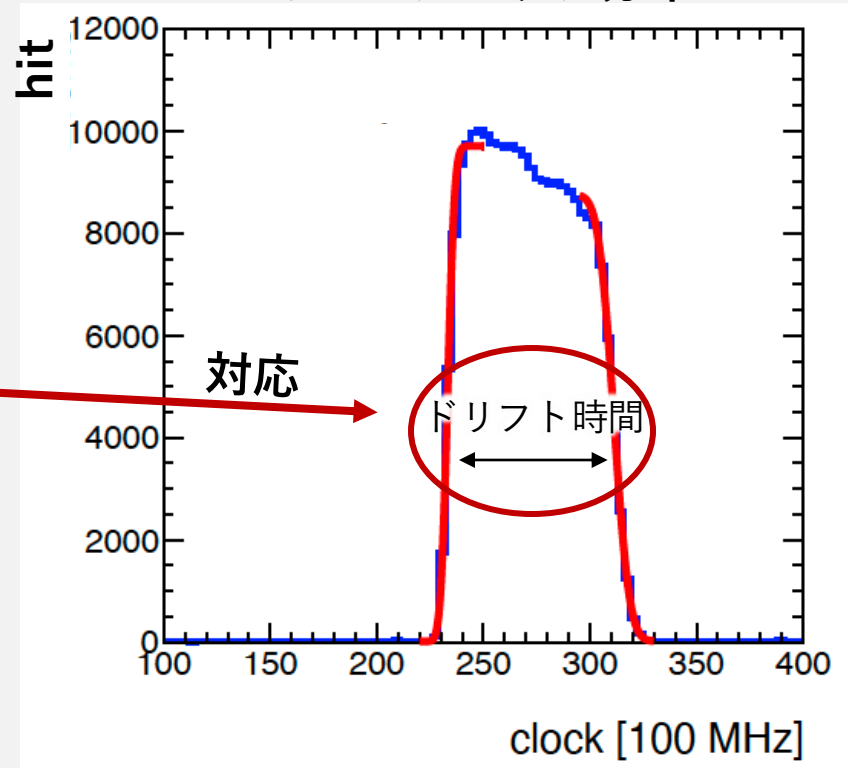
検出器のパラメータ較正

- 電場に並行な方向の距離を知るためには電離電子のドリフト速度が必要

セットアップ概略図



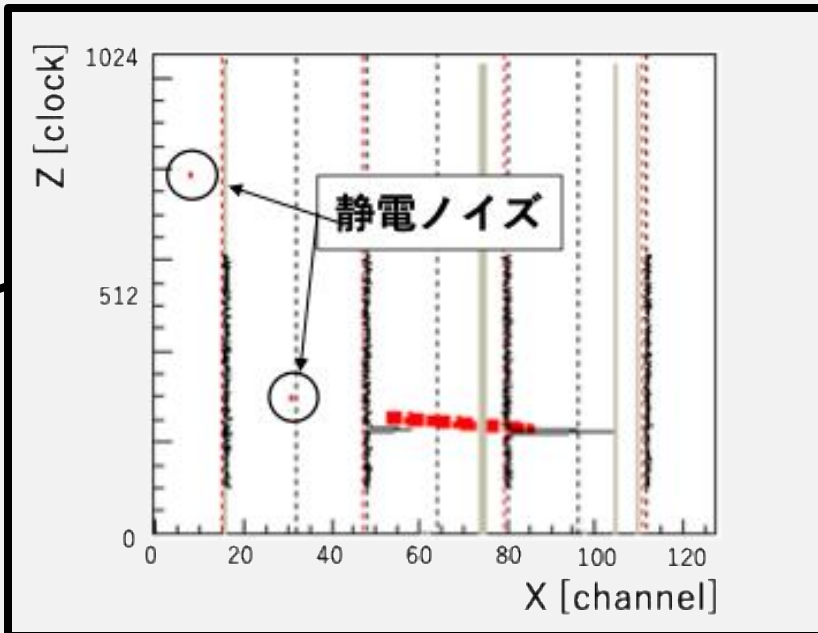
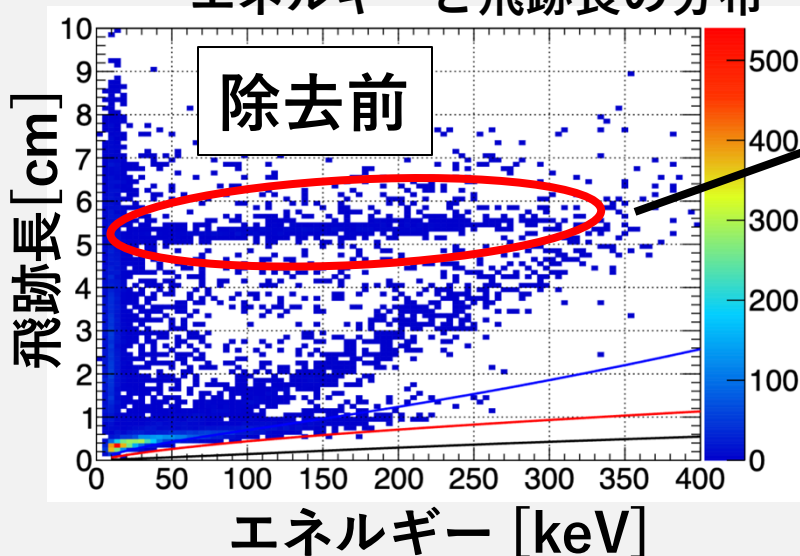
hitのあったクロック分布



- hitのあったのクロック分布の幅からhitのあった時間分布を取得。
- ドリフト領域の高さ4 cm
- 求められたドリフト速度は $5.1 \text{ cm}/\mu\text{s}$

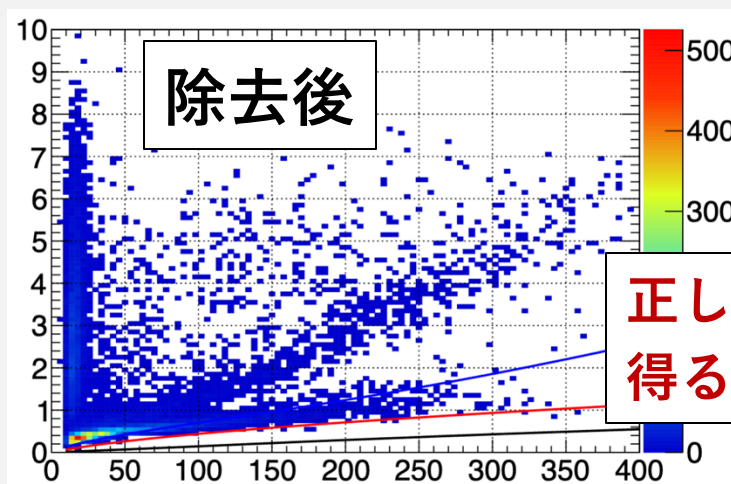
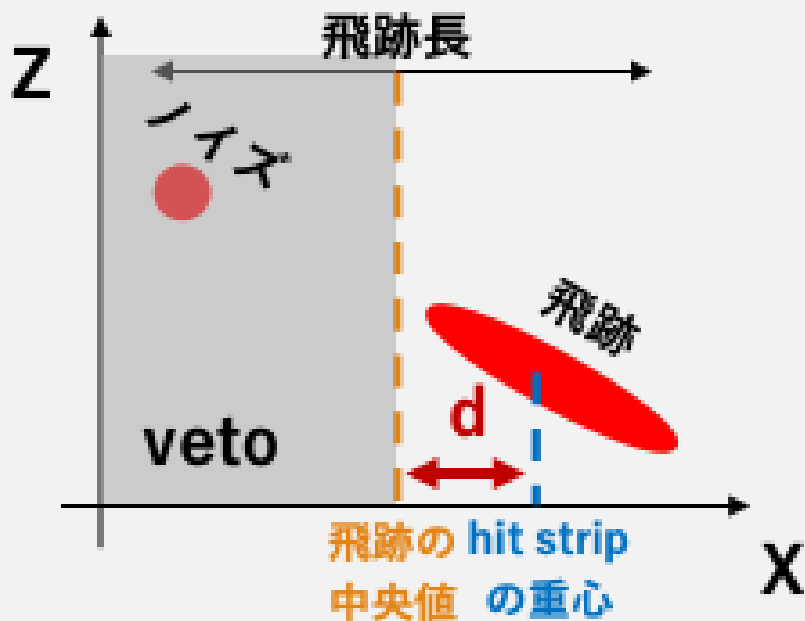
ノイズの除去

エネルギーと飛跡長の分布



ノイズにより誤った飛跡長が計算されてしまう

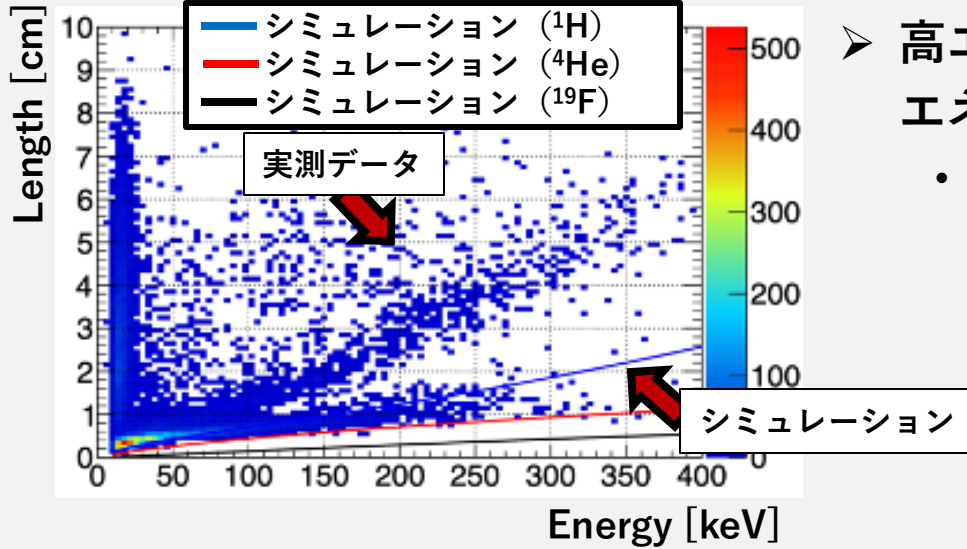
d (飛跡の中心とhit stripの重心の差) に閾値を設定
→ 飛跡の中央で分割して、hitの少ない方にveto



正しい飛跡長を得ることに成功

課題

エネルギー vs 飛跡長



➤ 高エネルギーでのシミュレーションと実測値 エネルギーの不一致

- 青線：SRIMシミュレーションによる¹Hのエネルギー損失曲線

→ 他エネルギーによるエネルギー較正
241Am, 5.4 MeV α線
cool-X 8 keV X線
etc ..

➤ H原子核反跳事象の除去



➤ Hを含む部材を除去

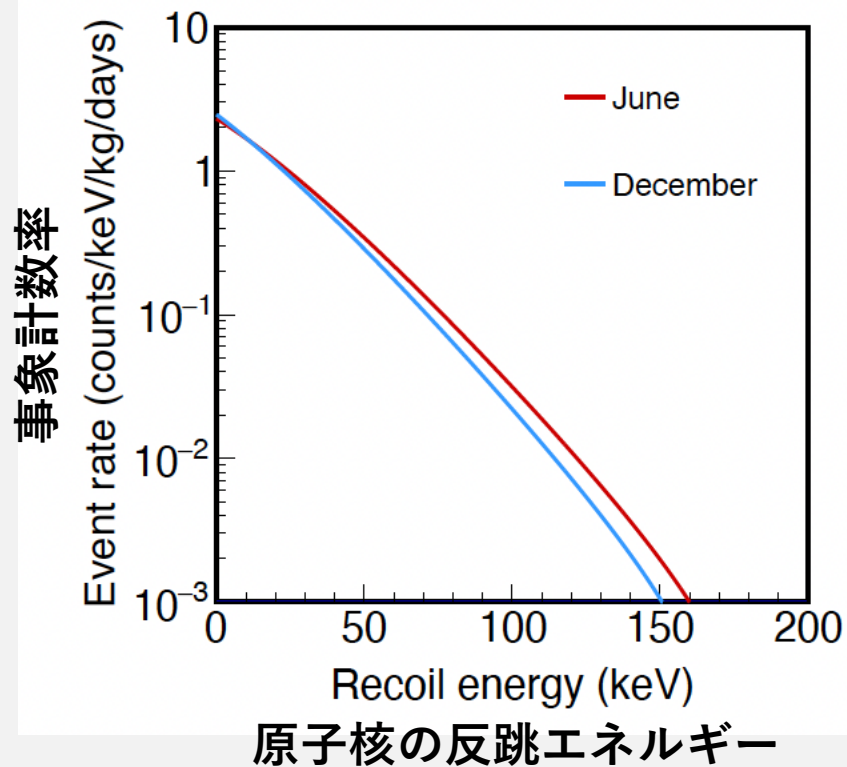
- アルミマイラテープ
→ 金属メッシュ
- ポリイミドシート
→ 露出面積低減

Conclusion

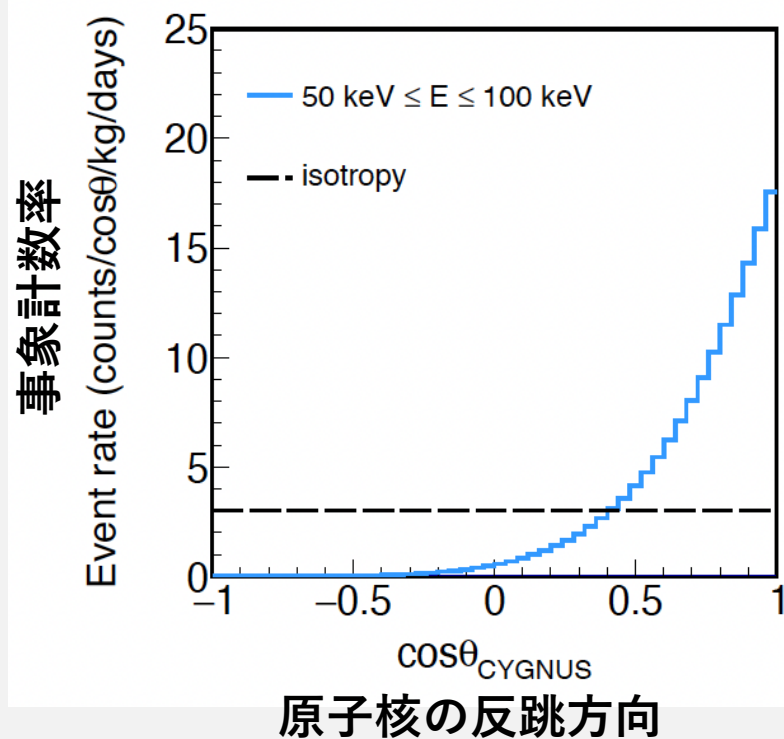
- 検出器大型化に向けたモジュール検出器の性能評価を行った
 - 検出器のゲイン：放電のない電圧で達成可能
 - 宇宙線 μ を用いたドリフト速度評価：評価完了
 - 再構成した飛跡のパラメータにシミュレーションとの不一致
 - 複数のエネルギーでのエネルギー較正
 - 検出領域に ^1H が飛ばないように検出器の見直し
- 正確な飛跡パラメータの取得、原子核反跳事象の選別へ

Back up

事象計数率の季節依存性



事象計数率の原子核反跳方向依存性



➤ より少ない事象数でDM signalを判別可能

Neutrino fog

