

暗黒物質直接探索実験 NEWAGEのための エネルギー閾値低下の研究

神戸大学理学研究科物理学専攻

石浦宏尚

新学術領域「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」

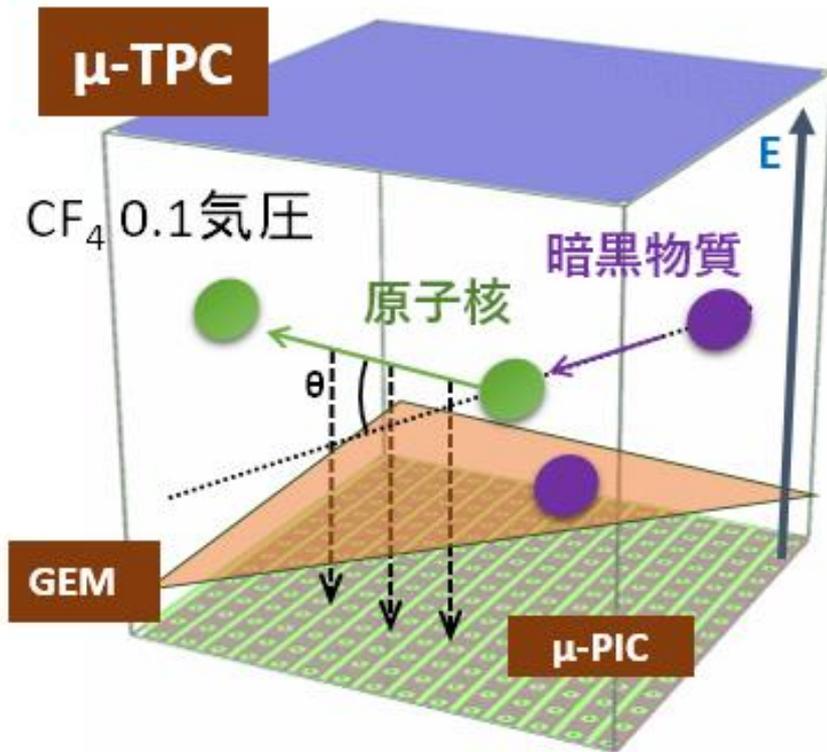
合同オンライン研究会 パラレルセッション

2020/6/2

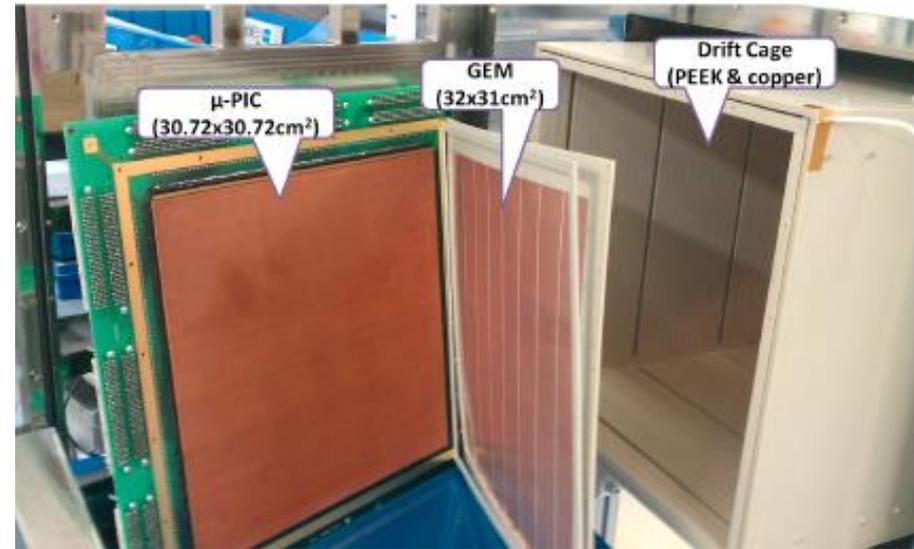
➤ **NEWAGE** (NEw generation WIMP search with an Advanced Gaseous tracker Experiment)

3次元ガス飛跡検出器 μ -TPCを用いた**方向に感度を持つ**暗黒物質直接探索実験

➤ 暗黒物質によって原子核反跳されたフッ素原子核の飛跡をとらえる



μ -PIC : 2次元イメージガス検出器
GEM : 前段増幅器



NEWAGE-0.3b' 内部 μ -TPC 写真

東京大学宇宙線研究所
神岡宇宙素粒子研究施設地下実験室で観測中

●現在の感度

- DAMA領域目前
- より感度向上が求められる

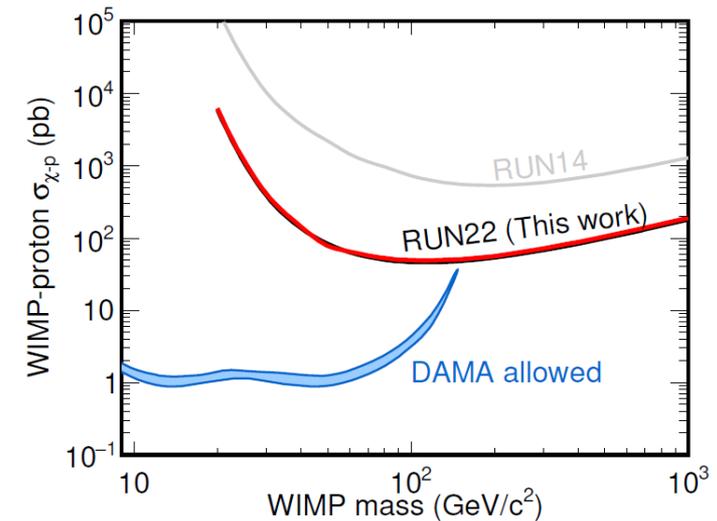
●現在の方向性

➤ 低BG化 - バックグラウンドを減らして感度向上

- 低アルファuPIC開発
- 陰イオンガスTPC開発（島田氏発表 B1-4）
- 陰イオンガスTPC用回路開発（窪田氏発表 A2-4）
- 大型陰イオンガスTPC開発

➤ 低圧化 - エネルギー閾値を小さくして感度向上（本発表）

- ガス圧を低く
 - 飛跡長
 - エネルギー閾値低へ

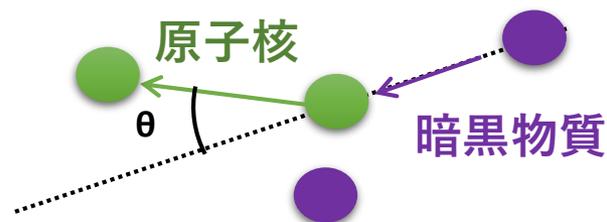


出典: 池田智法 D論s

➤ ガスTPC中での原子核反跳

- より低圧で、より長く

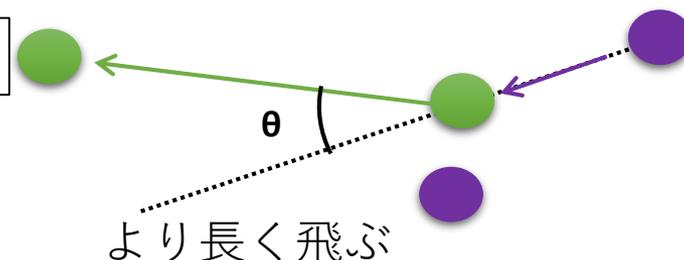
低圧



➤ 現行読み出し検出器 uPIC

- 400 μm 間隔のstrip
- 「飛跡」として最低2点必要($\sim 1\text{mm}$)

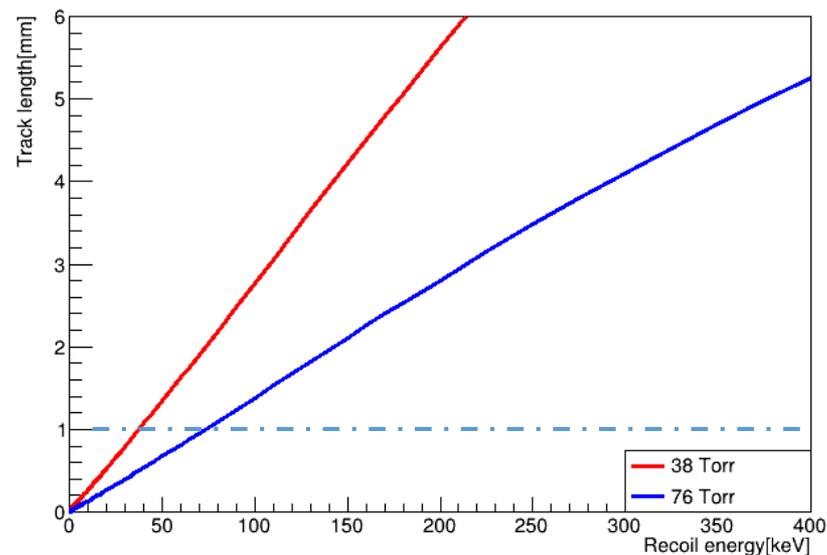
より低圧



➤ 圧力を下げる

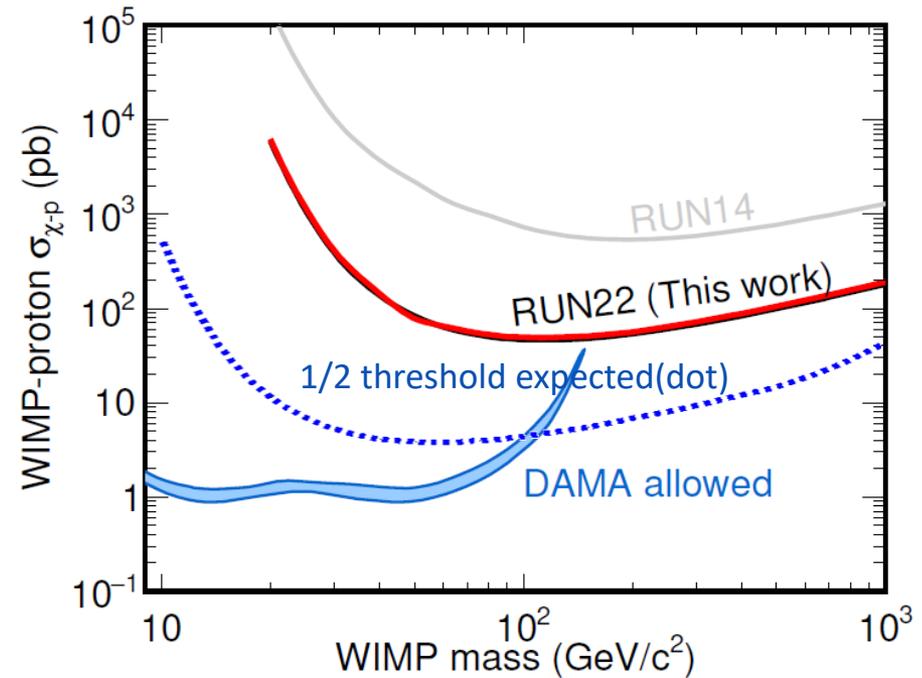
- 今より低エネルギーで「飛跡」に
→ **エネルギー閾値の低下**が期待
例) 1mm飛ぶには
70 keV@76 Torr、30 keV@38 Torr

Recoil energy vs Track length(Fluorine ion)



* 1気圧 = 760 Torr

- ▶ エネルギー閾値が低下したときの見積もり
 - ▶ 1/2のガス圧で1/2のエネルギー閾値
 - ▶ exposureは現在と同じ (1/2 質量 * x2 日数)



より低圧での課題

➤ dE/dX とガスゲイン

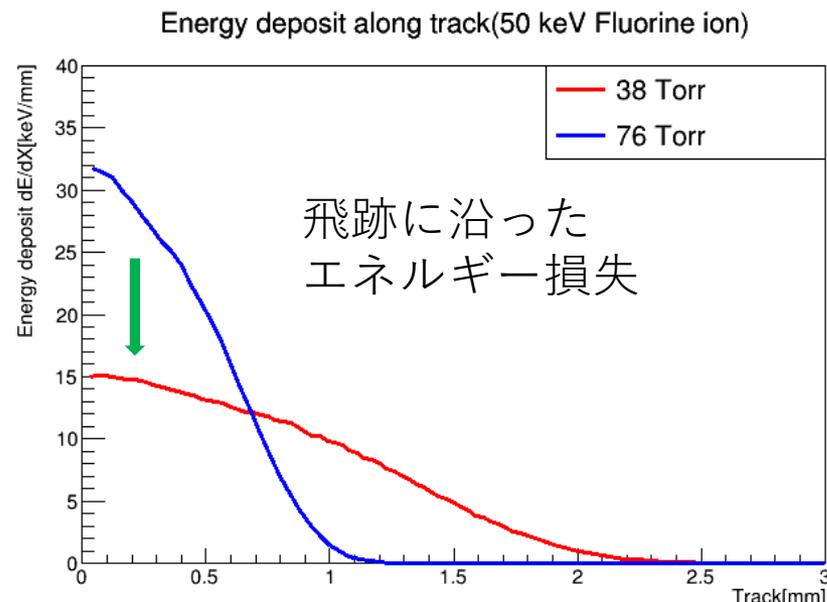
- 1 strip 当たりエネルギー損失小
- 同じエネルギーで長く飛ぶ
- strip あたり dE/dX が小さい
- 低圧下でも十分なガスゲインが必要

➤ 安定性

- 低圧ガス中放電しやすくなる
- 長期的な安定運転には対策必要

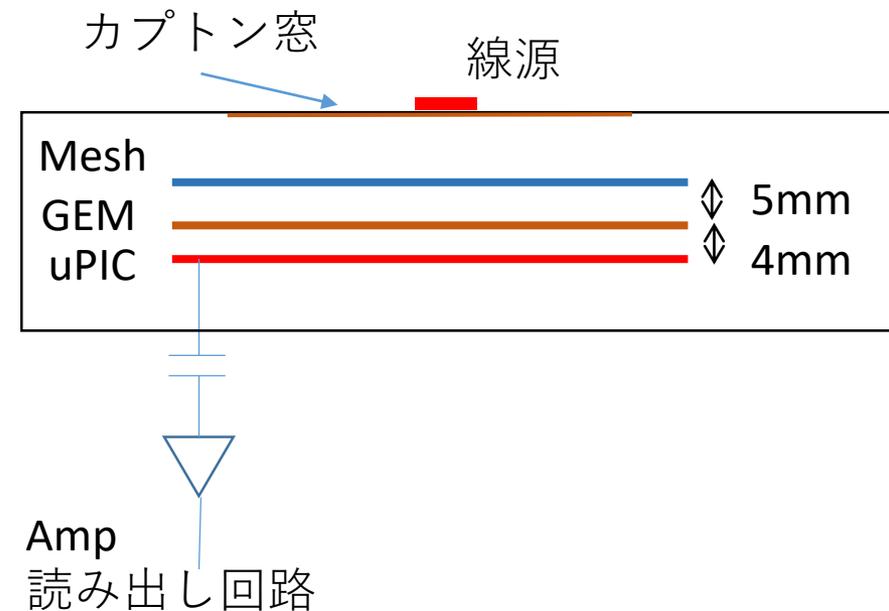
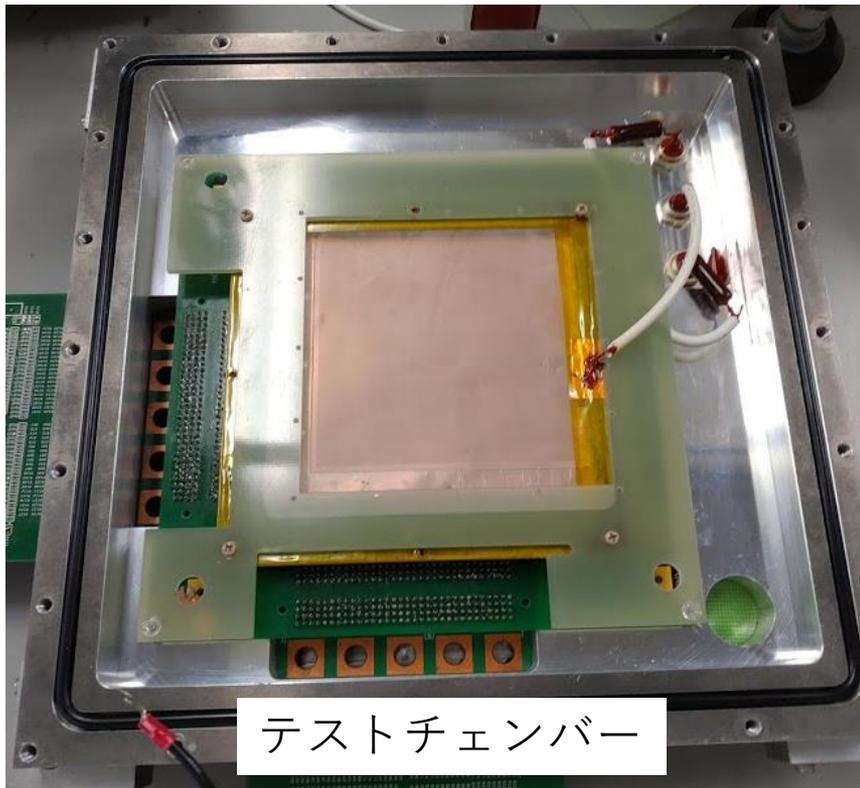
→ R&Dへ

- dE/dX が小さくても十分なガスゲインを達成できるか
- 安定動作できるか



Simulation by SRIM

- ▶ まず低圧でも十分なガスゲインが得られるか確認したい
- ▶ 検出器性能評価に用いているテストチェンバーを用いて
 - ▶ 現行圧力(76 Torr)より低いガス圧での動作 をめざす



テストチェンバー断面図

現状

- ▶ Ar+C₂H₆ (9:1 1気圧) (試験用)
- ▶ CF₄ 152 Torr
 - で Fe55の5.9 keV由来の信号を確認し、テスト用チェンバーとしての動作を確認

今後

- ▶ 現行圧力(76 Torr)より低いガス圧での動作確認を行う予定
 - ▶ TPCとしての動作確認 (神戸で小型TPCを用いて評価)
 - ▶ 動作できれば角度分解能などの性能評価へ
- ▶ TPCとしての動作を確認、性能評価
 - パフォーマンスが得られれば神岡地下での測定へ

▶ NEWAGE

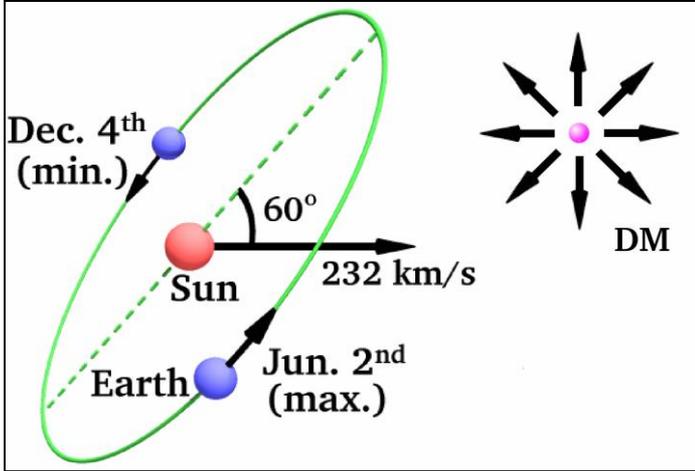
- ▶ 3次元飛跡検出器 μ -TPCを用いた方向に感度を持つ暗黒物質直接探索実験
- ▶ 低アルファuPIC、陰イオンTPC開発
 - ▶ BG削減による感度向上を目指して行ってきた

▶ エネルギー閾値低下

- ▶ ガス圧をより低く(現行 76Torrよりも)運用することで
 - ▶ エネルギー閾値低下させ感度向上が期待
 - ▶ 現行より低いガス圧での検出器運用のためのR&Dを開始

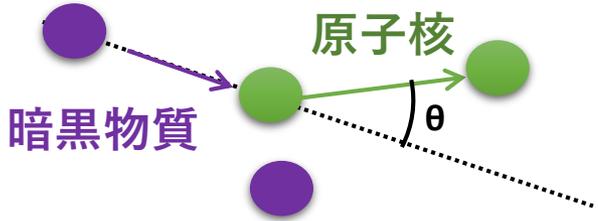
▶ 季節変動

- ▶ DM haloに対する地球の相対速度が季節で変動
(haloに対する太陽系の速度+公転速度)
- ▶ 速度：夏最大、冬最小 ($\pm 15\text{km/sec}$ ほど)
→ 計数率が季節変動

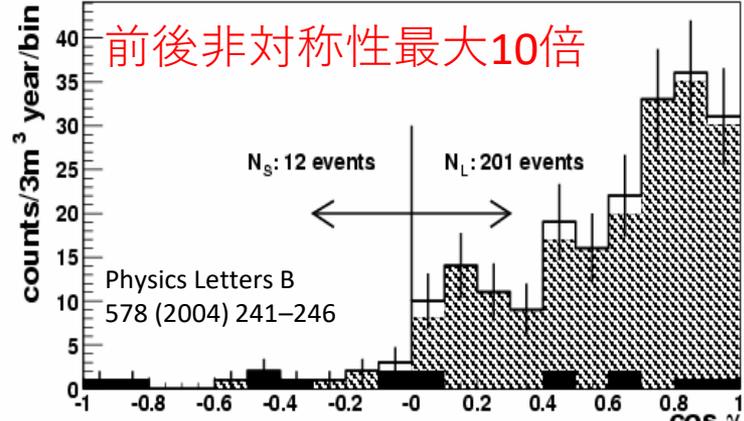


▶ 方向感度

- ▶ 太陽系：銀河系内を移動
→ 銀河に付随するDMに対して動く
→ 暗黒物質の風を受ける、原子核が前方散乱
- ▶ 散乱角度を捉え、到来方向を同定



FT ($\cos \gamma_0 = 0$) $M_{\text{WIMP}} = 80\text{GeV}, \sigma_{\text{p-WIMP}} = 0.1\text{pb}$



- Micro Pattern Gaseous Detector
- 微細加工技術を用いたガス検出器

