

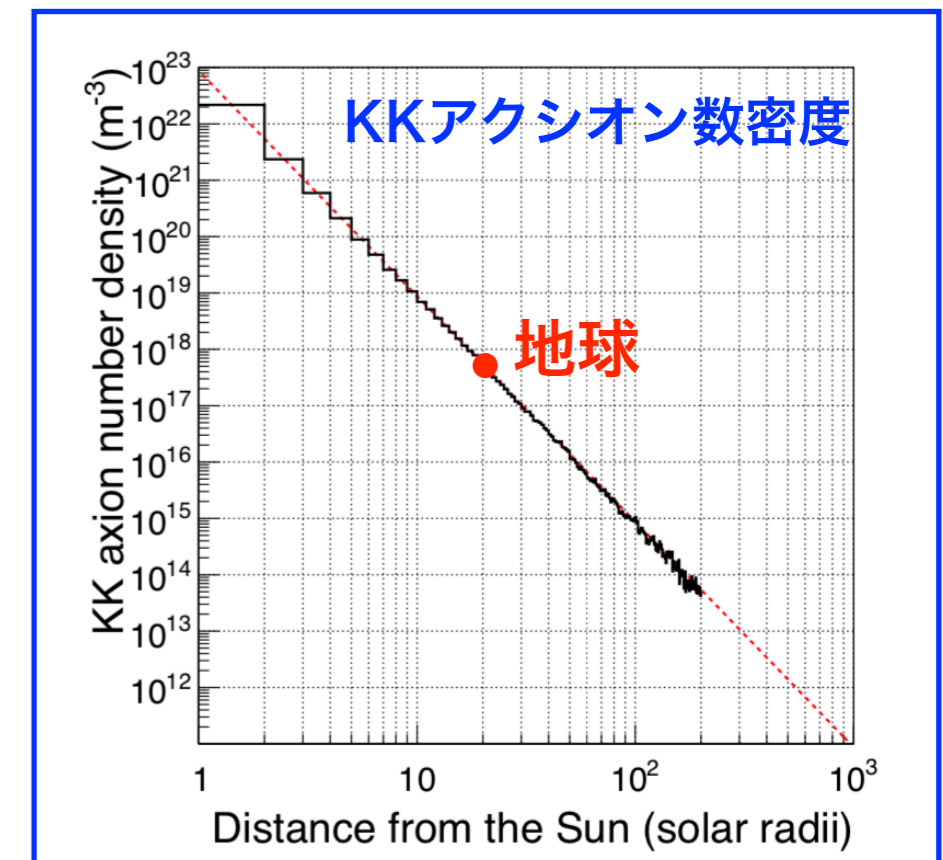
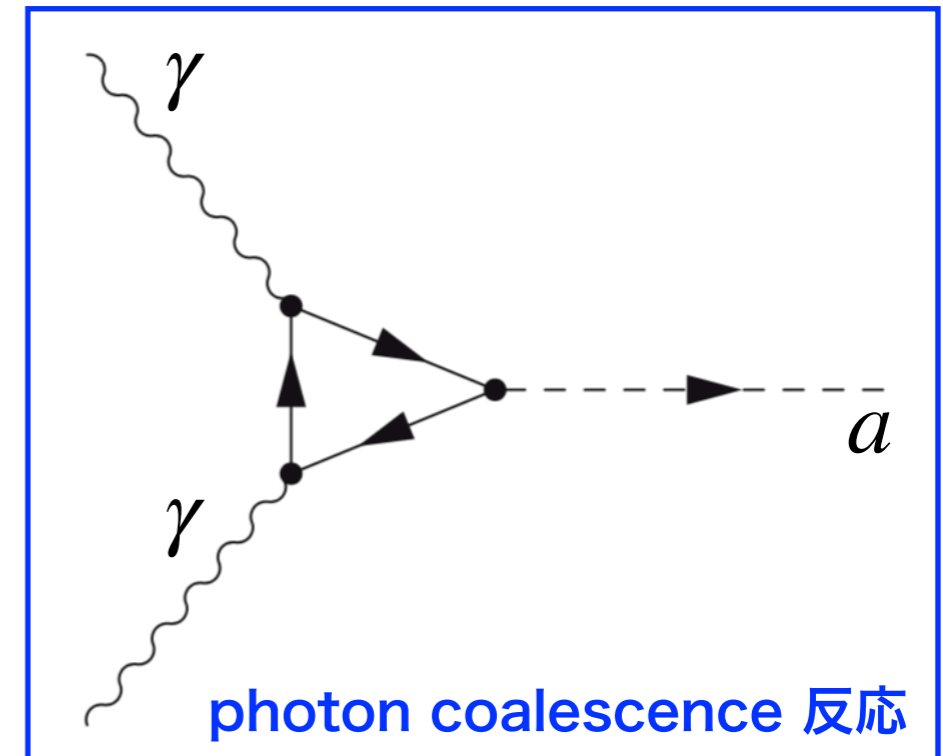
ガスTPCを用いた 太陽Kaluzza-Kleinアクシオン探索

東京大学 宇宙線研究所神岡施設
細川佳志

1. ガスTPCを用いた太陽KKアクシオン探索
2. 神戸大での予備実験

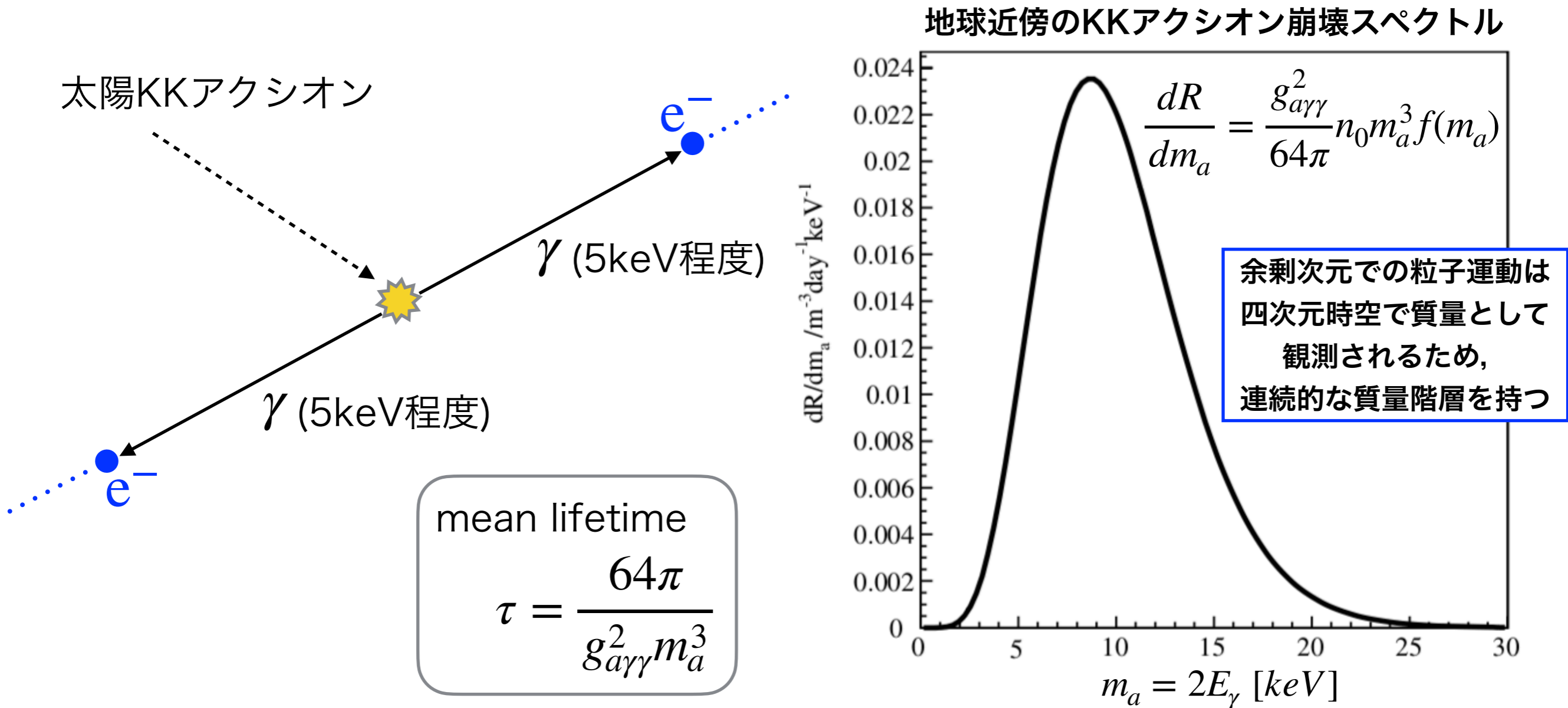
太陽Kaluzza-Klein(KK)アクシオン

- ▶ 強いCP問題を解決する粒子“アクシオン”
- ▶ ゲージ階層性問題を解決可能なKK模型 (大きな余剰次元)
- ▶ 余剰次元を伝播するアクシオン
“カルツァ=クライン(KK)アクシオン”は, photon coalescence 反応($\gamma\gamma \rightarrow a$)などによって太陽内部でも熱的生成可能
 - 太陽系内に重力で捉えられた
“太陽KKアクシオン”は**地球でも観測できる**
- ▶ **素粒子物理学などの問題を複数解決**
 - 強いCP問題・ゲージ階層性問題
 - 太陽コロナ問題



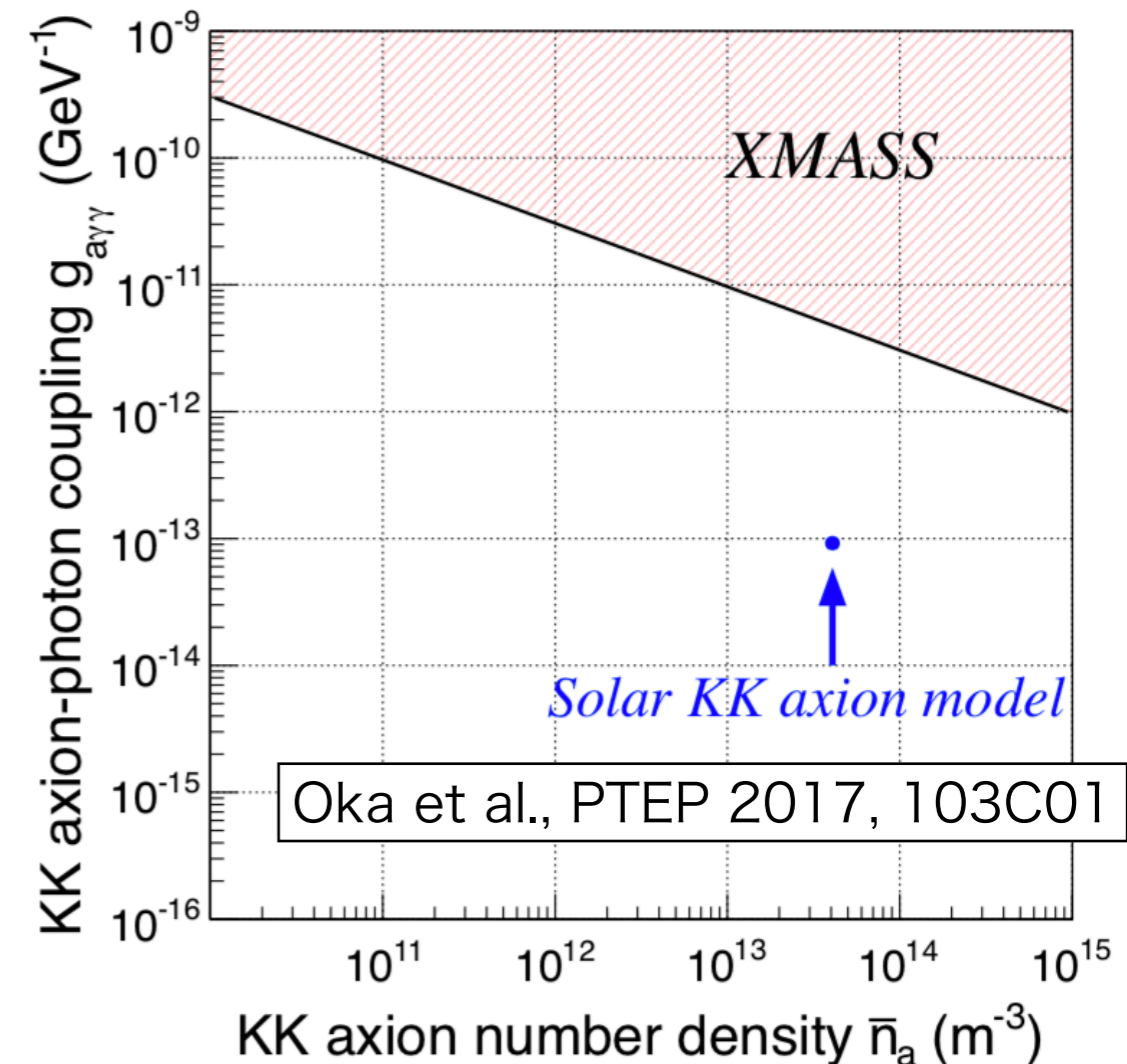
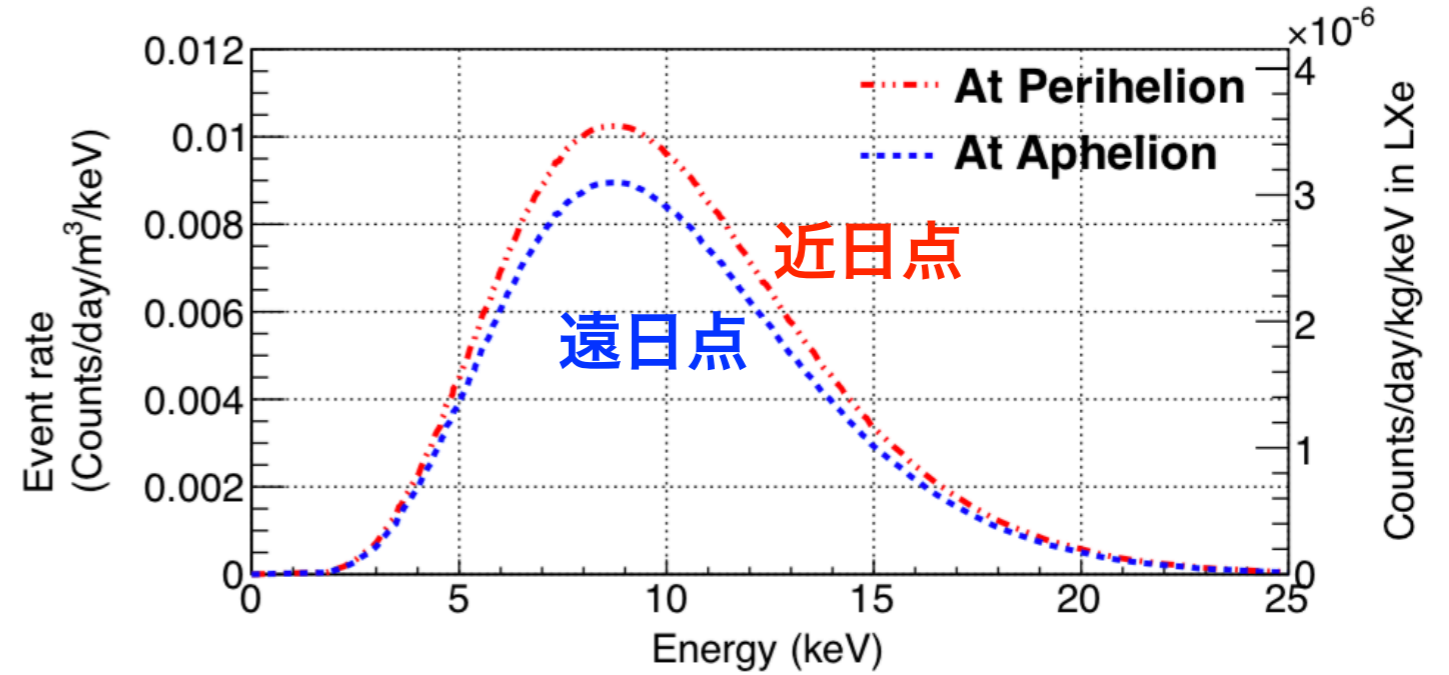
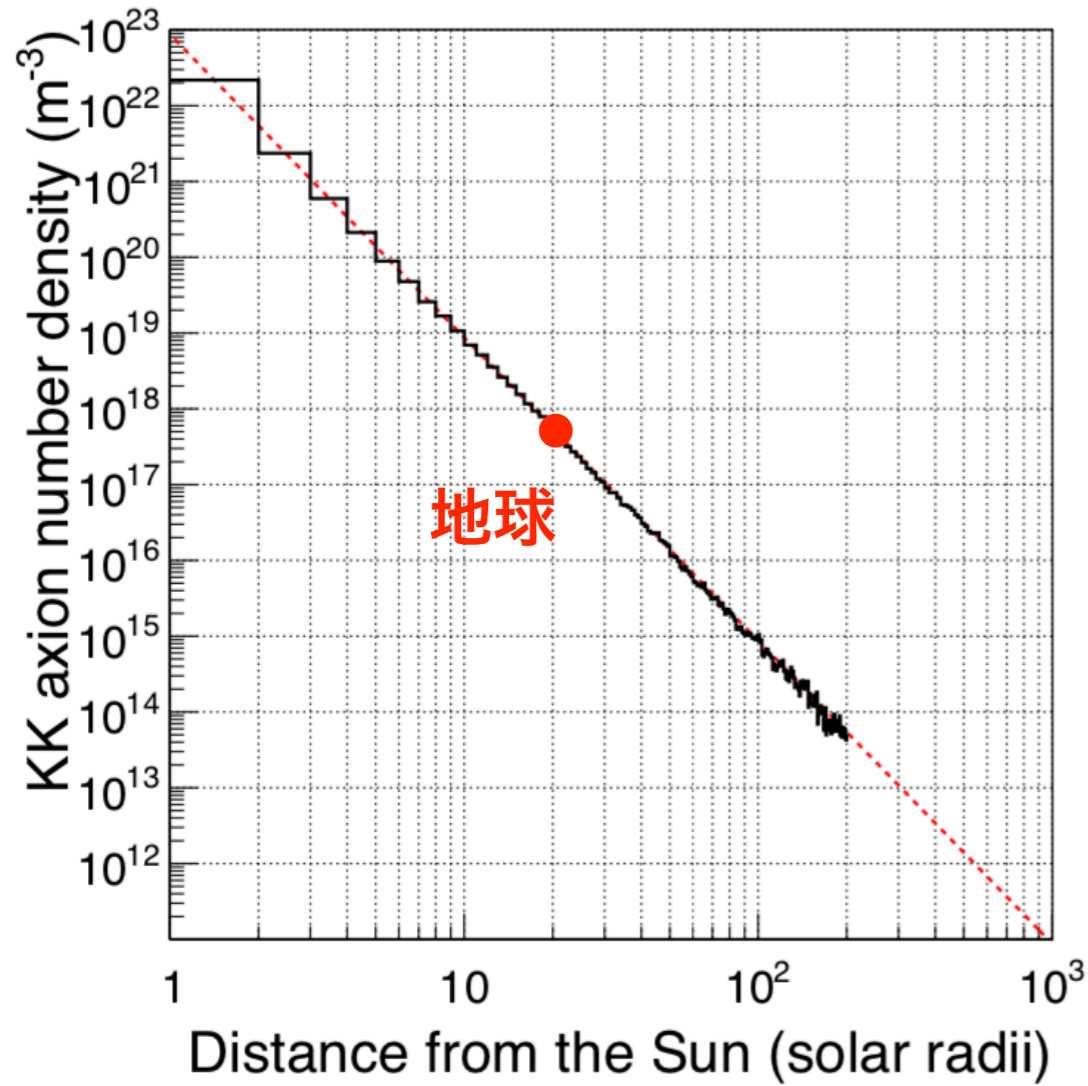
KKアクシオンの崩壊

B. Morgan et al., Astroparticle Physics 23 (2005) 287–302



- ▶ 崩壊時, 5keV程度の光子を2つ同時に放出する
- ▶ 検出器内でのKKアクシオンの崩壊数は, 有効体積のみに依存する

旧B01班 XMASS実験による先行研究

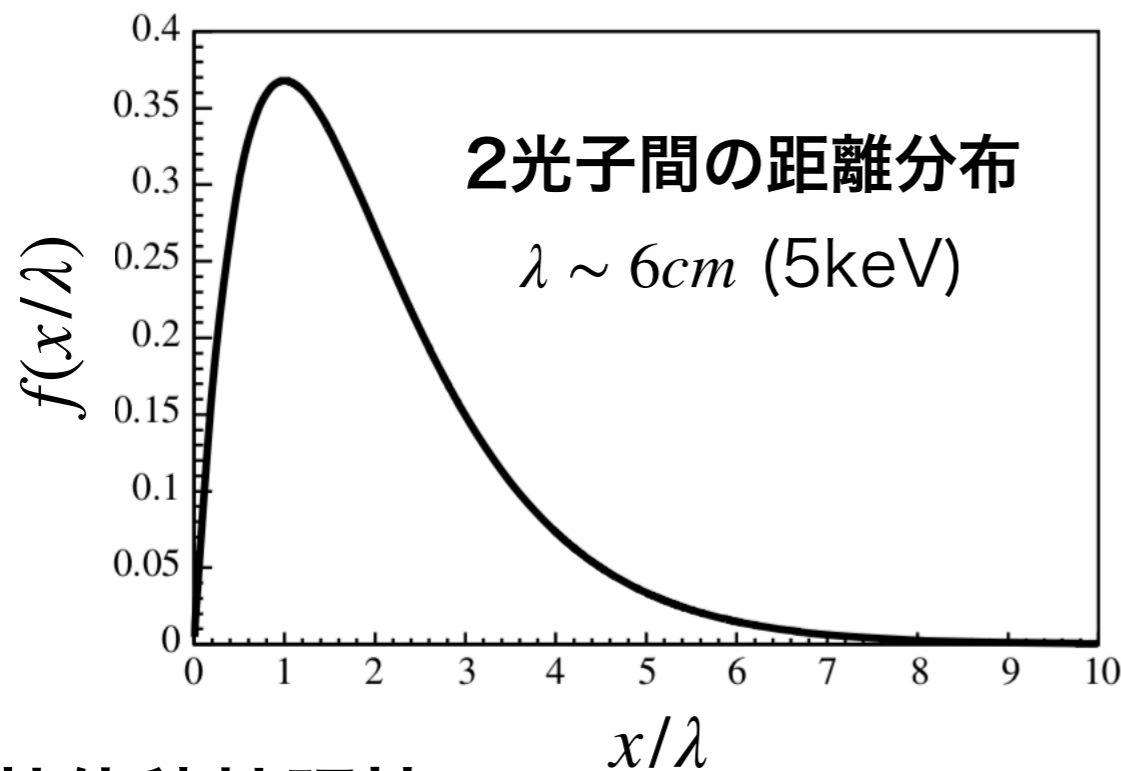


- ▶ XMASS実験によって世界初の探索
 - 極低バックグラウンド液体キセノン検出器
 - Exposure:: 0.288 m³ (832 kg) x 359 days
- ▶ 太陽-地球間の距離による崩壊数の季節変動を探索
- ▶ モデルまであと二桁！！有意な振幅は見られず

低圧ガス検出器を用いた探索

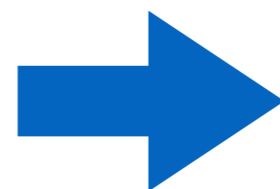
非常に強力なBG除去能力

- 2光子を分離して検出可能なので、位置・エネルギー情報を利用した強力なBG除去が可能

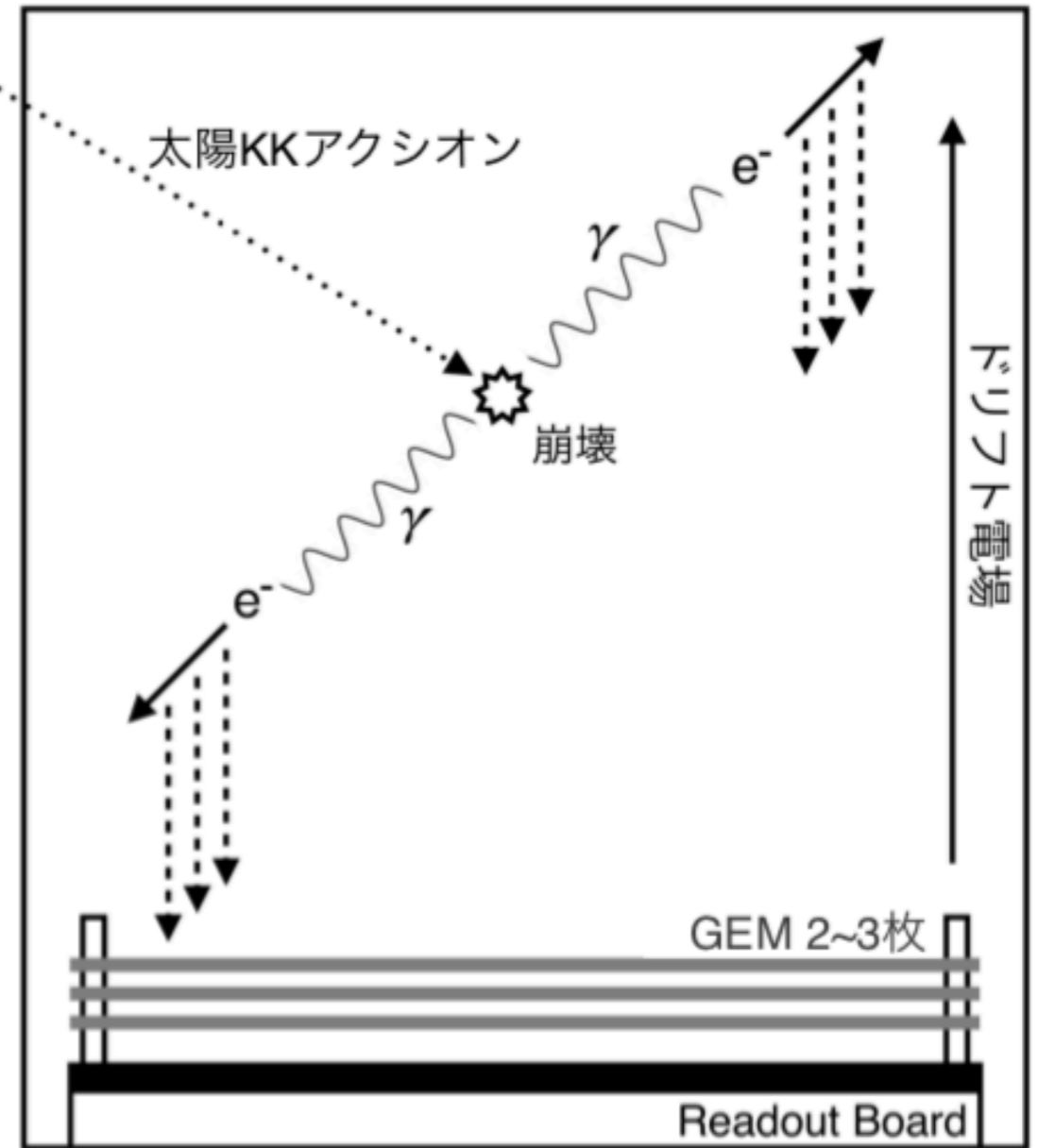


有効体積拡張性

- 常温の低圧ガスを使うので、有効体積の拡張が比較的容易



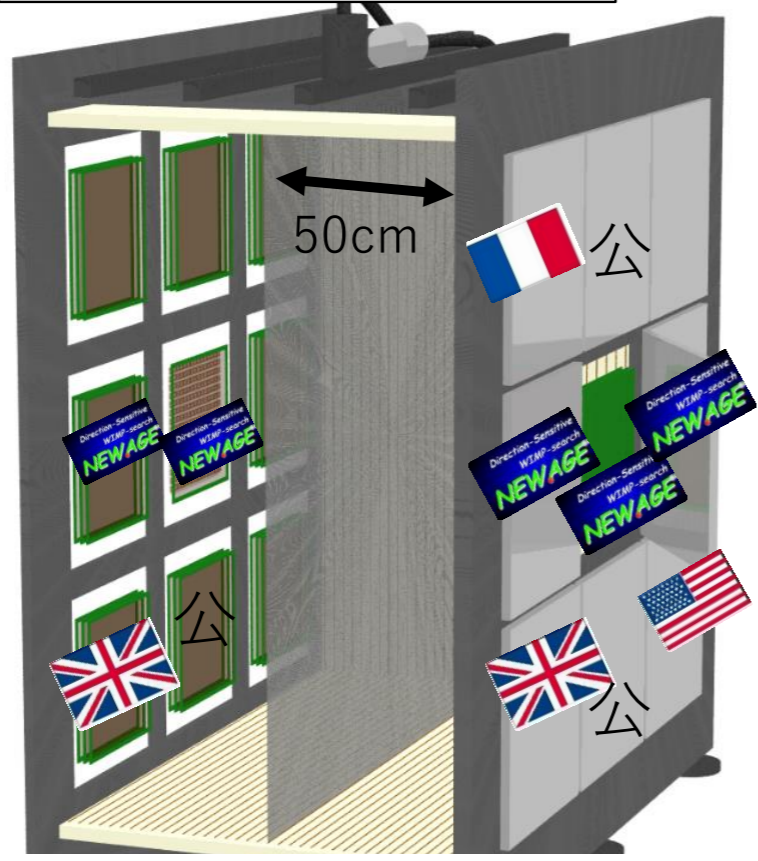
**KKアクシオン探索に
非常に適している！！**



CYGNUS/NEWAGEチェンバーの利用

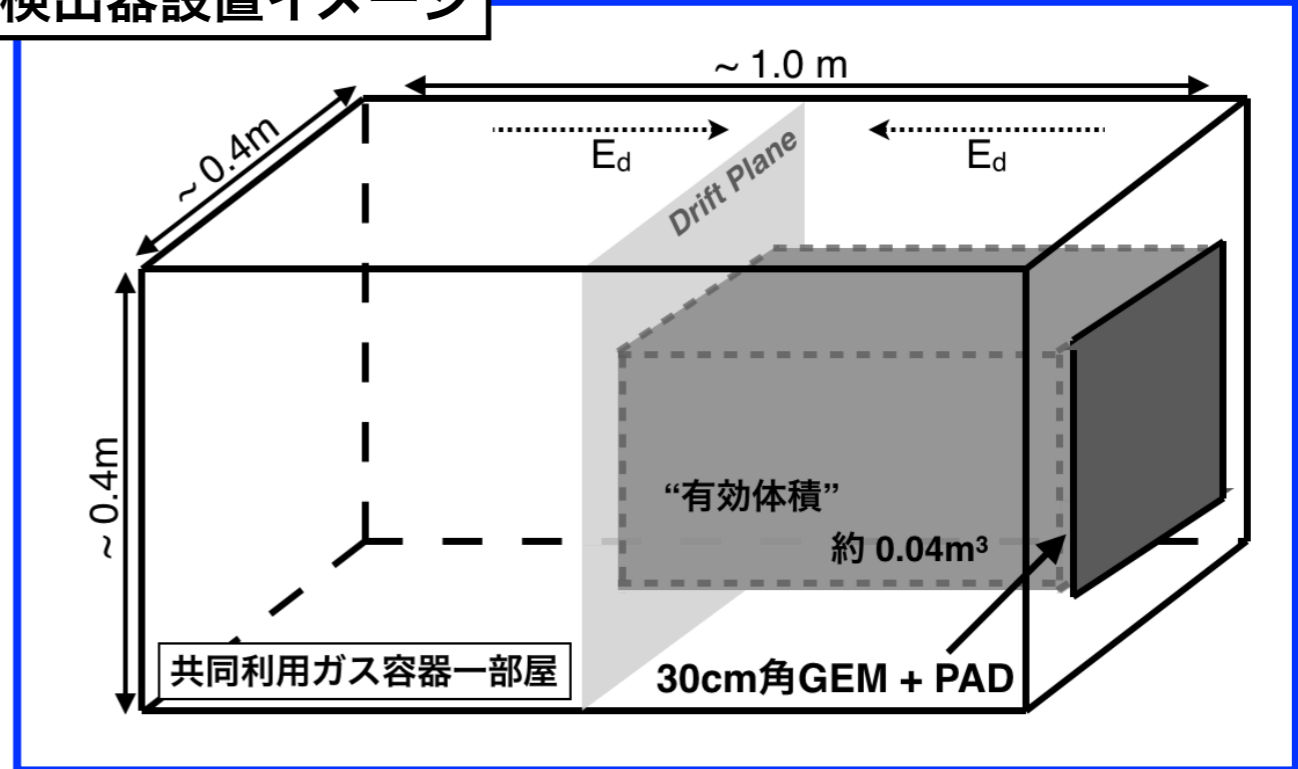
身内氏スライドより抜粋
(新学術「地下宇宙」領域研究会 2019)

NEWAGEチェンバー：
使用イメージ



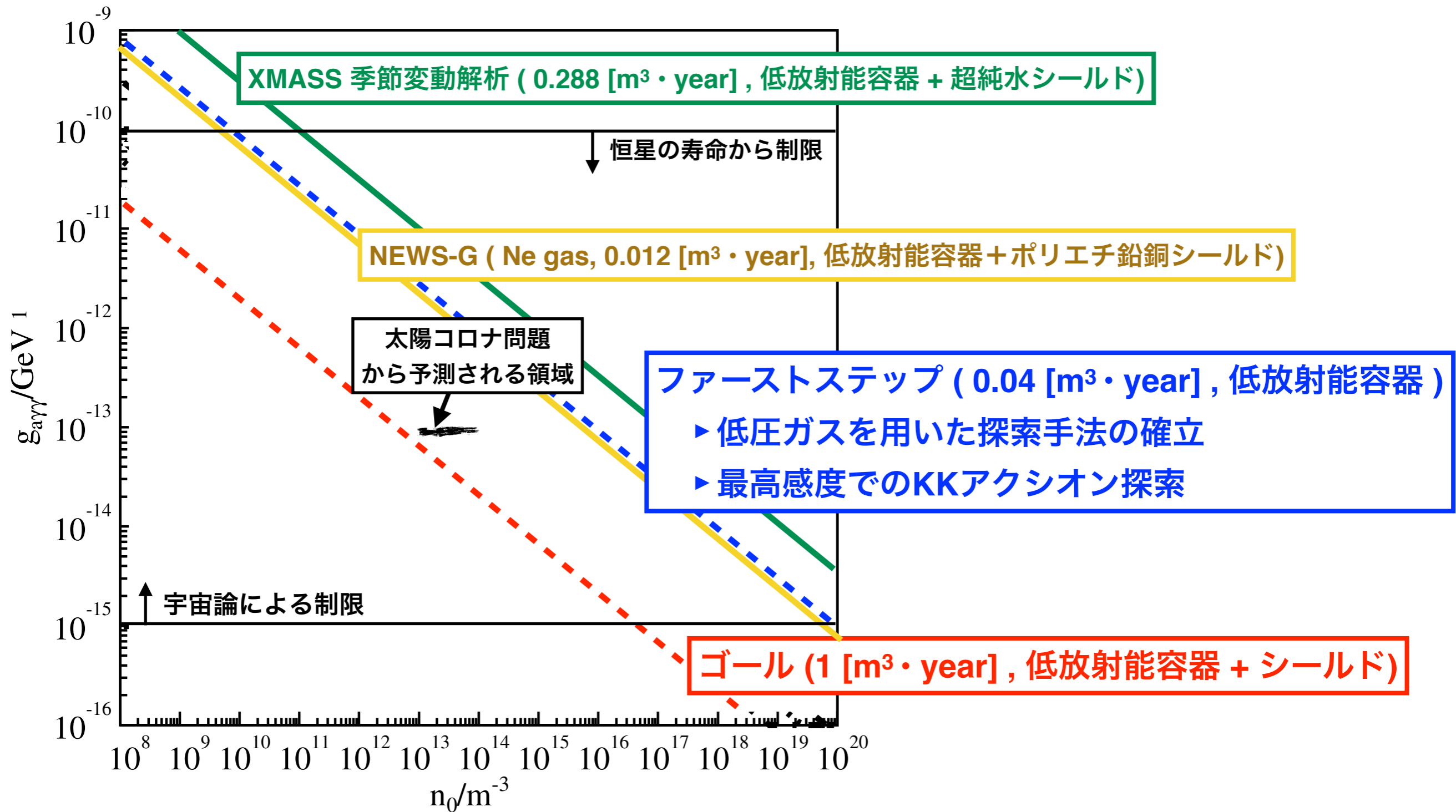
μ PIC+GEM
(18ユニット中5ヶ使用
他は海外G、公募研究などに供用)

検出器設置イメージ



- ・ 低圧ガス容器の一部を
 拝借して低コストで実験開始したい
 - SF₆ 0.2atm (Arガスランもできる?)
 - 低放射能仕様
 - 有効体積 一部屋 40L (XMASS:: 288L)

予想感度

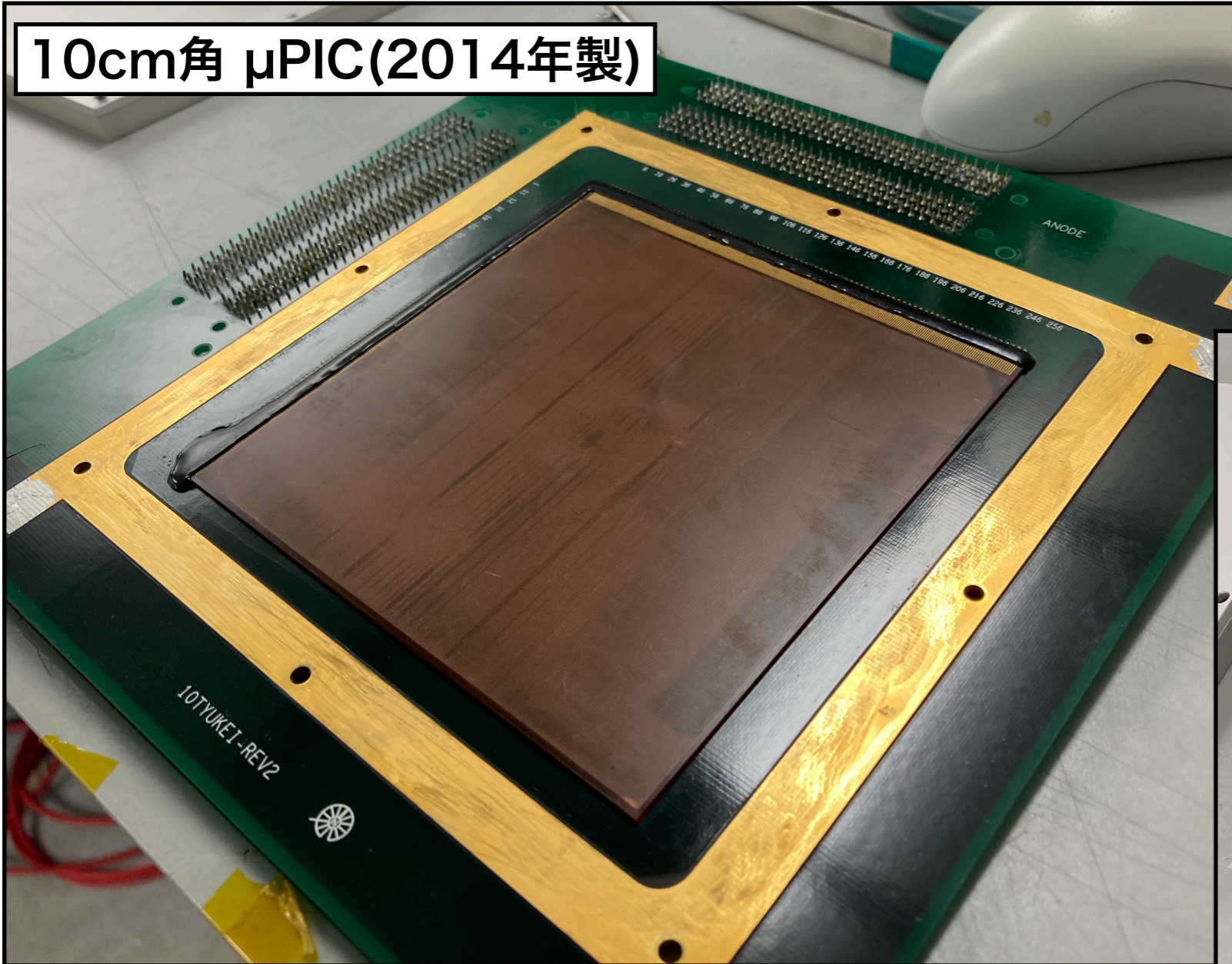


- ▶ NEWAGEチェンバー 1部屋を用いた開発・観測で, XMASSを超える感度
- ▶ 更なる低BG環境構築・有効体積拡張で太陽コロナ問題によるモデルを検証

予備実験@神戸

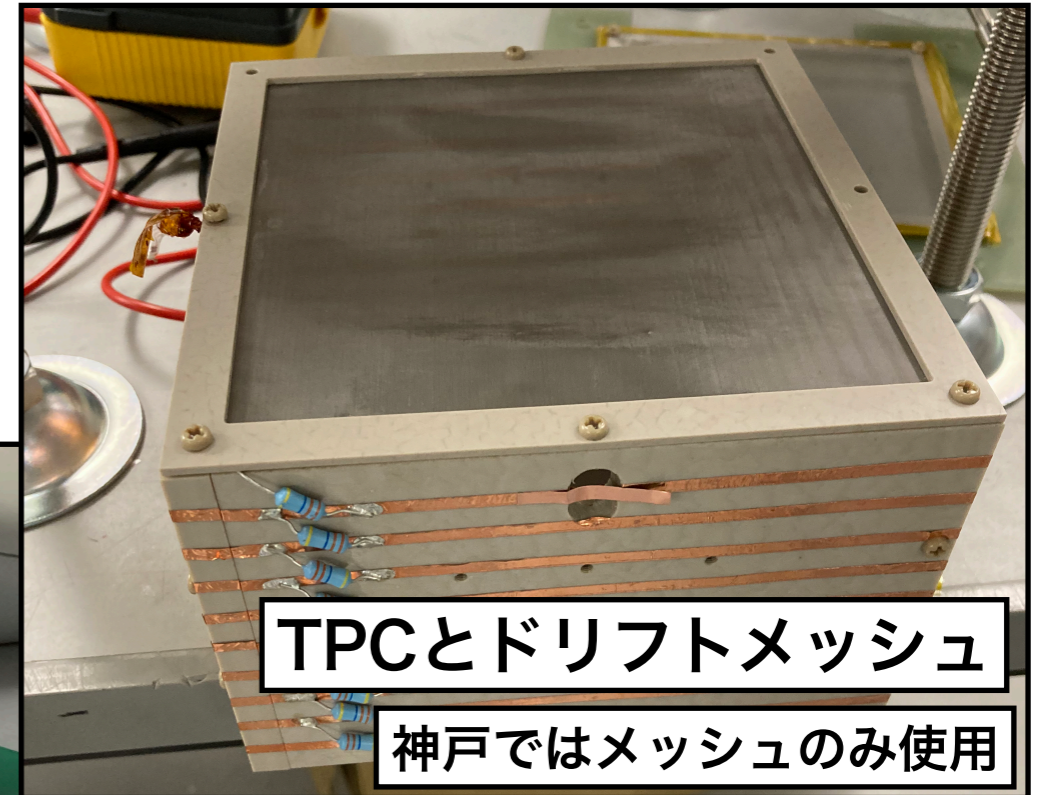
- 2021年7月末, 神戸にて

10cm角 μ PIC(2014年製)

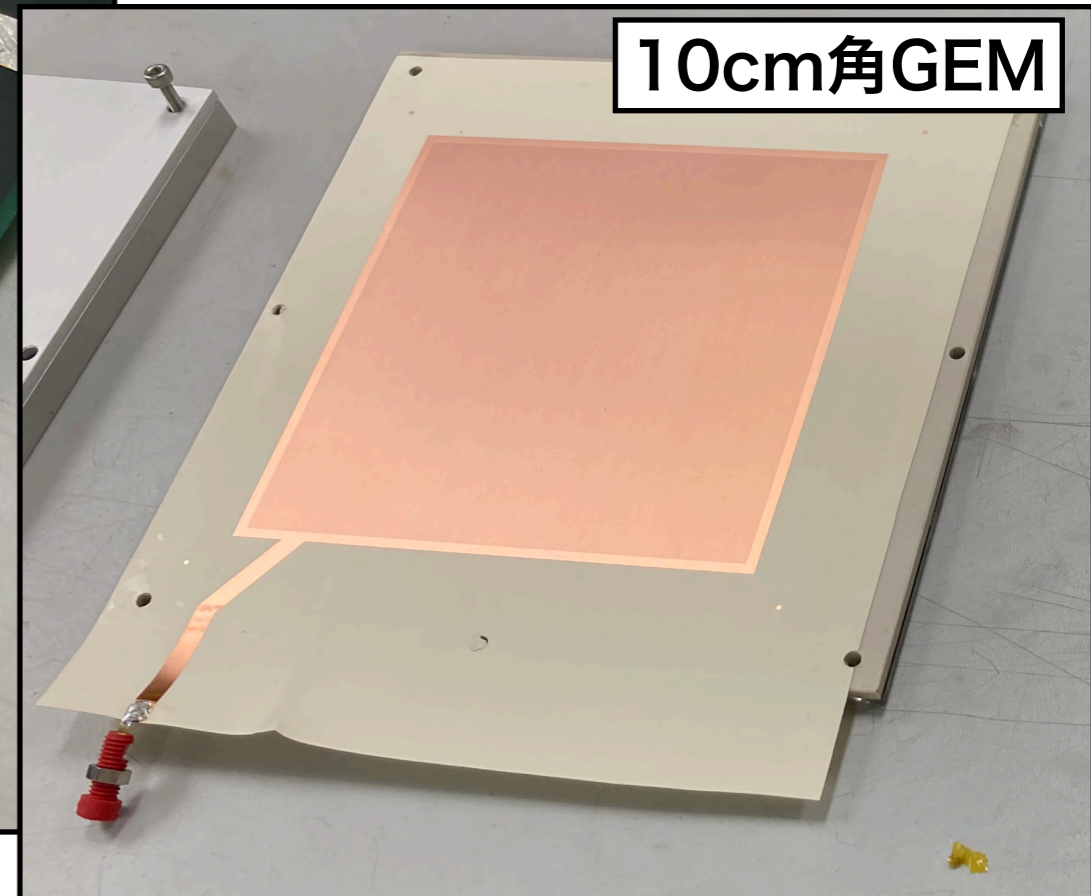


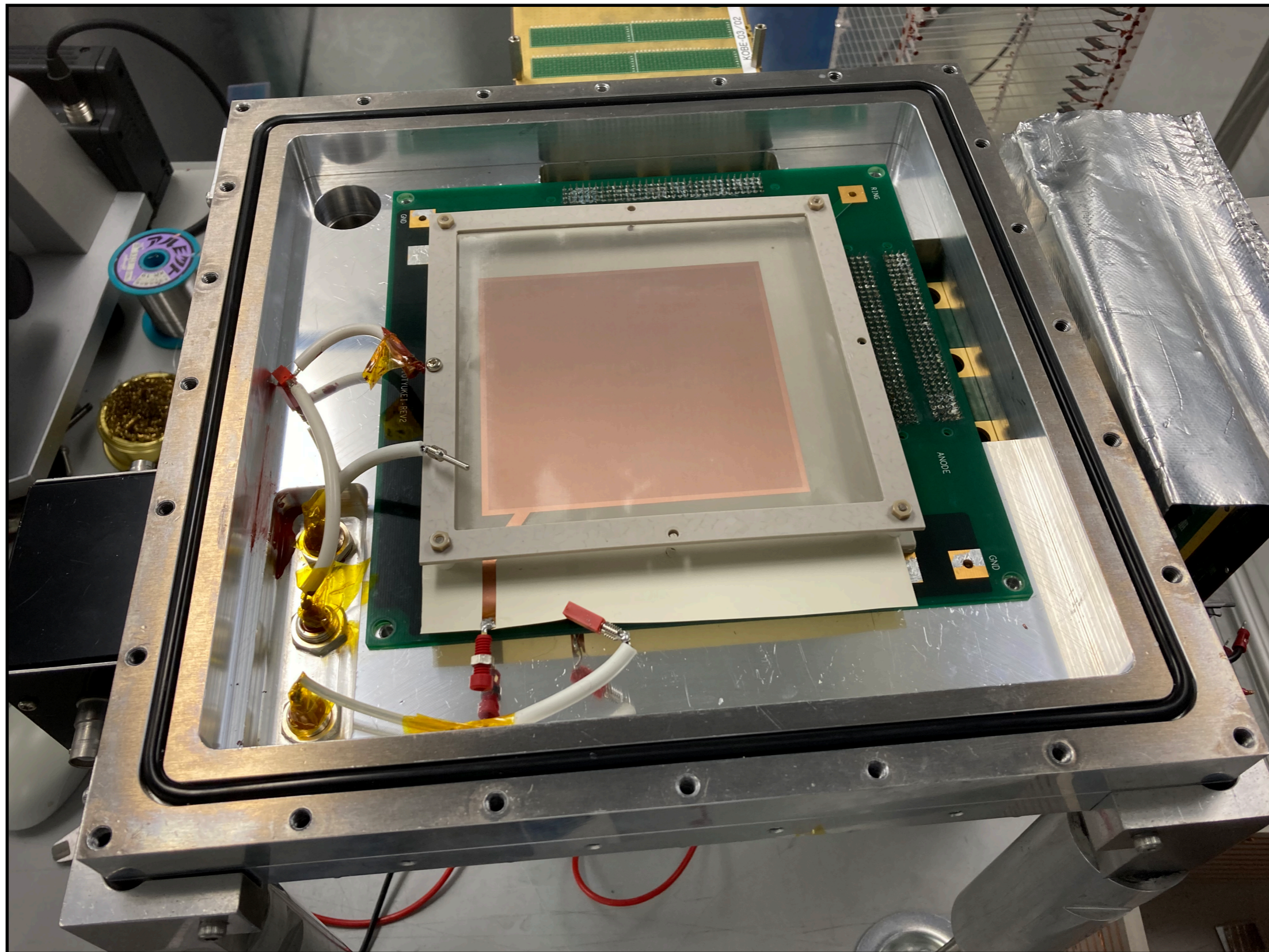
TPCとドリフトメッシュ

神戸ではメッシュのみ使用

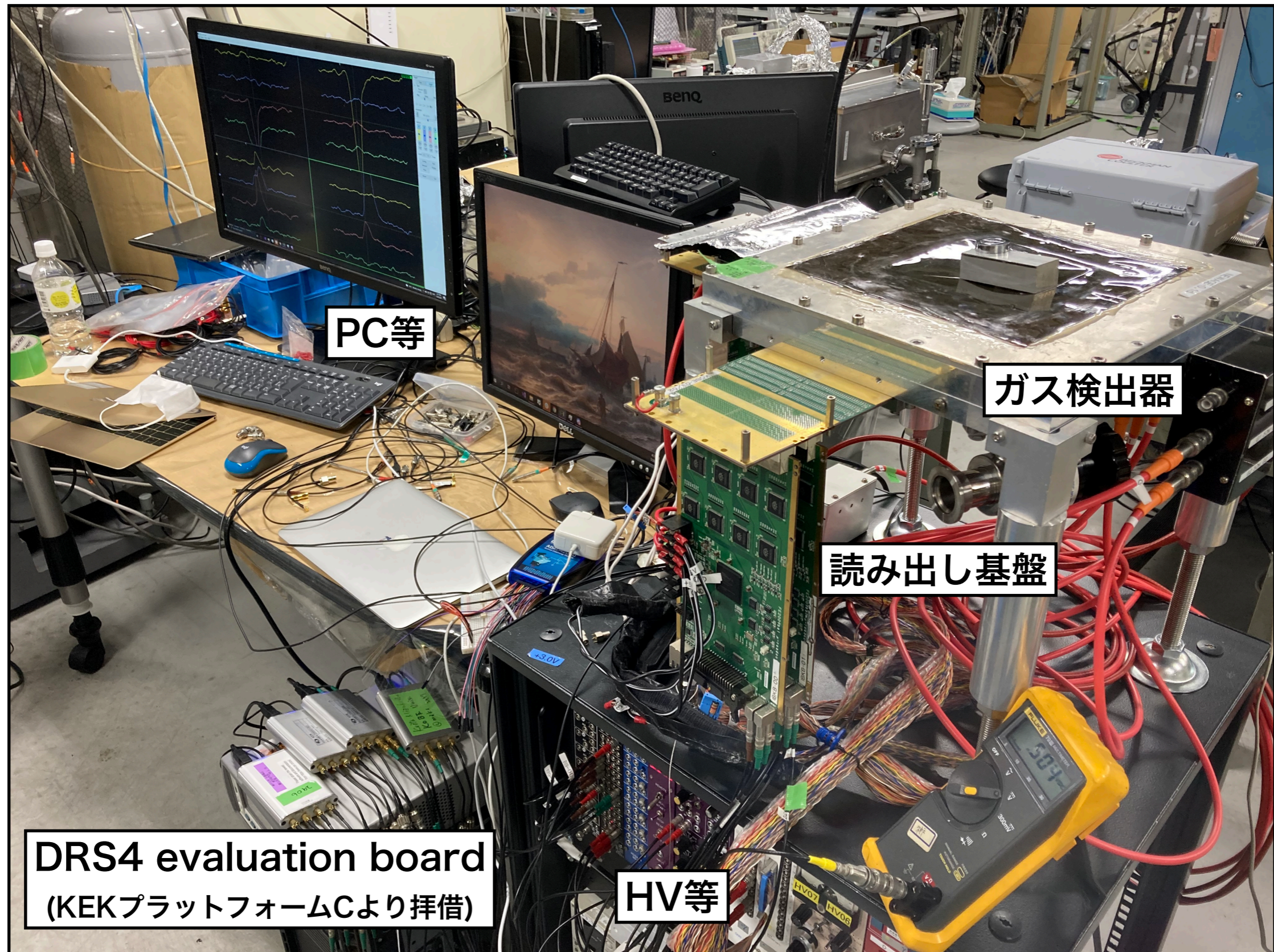


10cm角GEM





予備実験@神戸



PC等

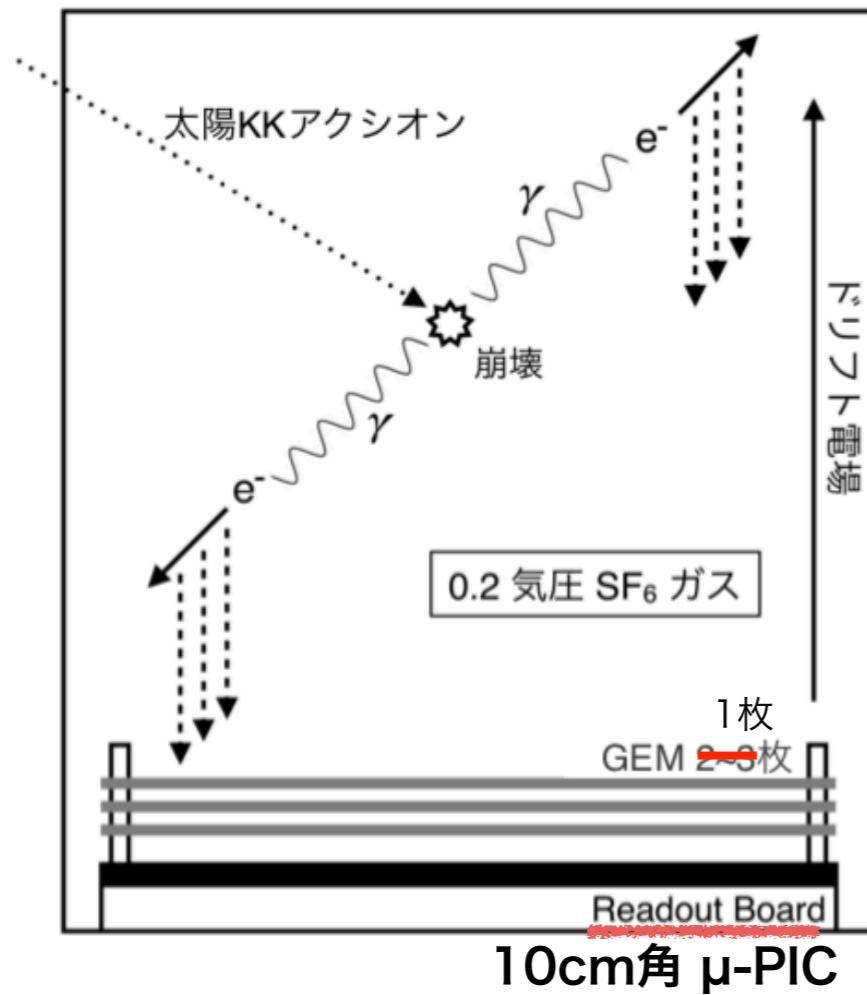
ガス検出器

読み出し基盤

DRS4 evaluation board
(KEKプラットフォームCより拝借)

HV等

今回用いた検出器・回路概念図

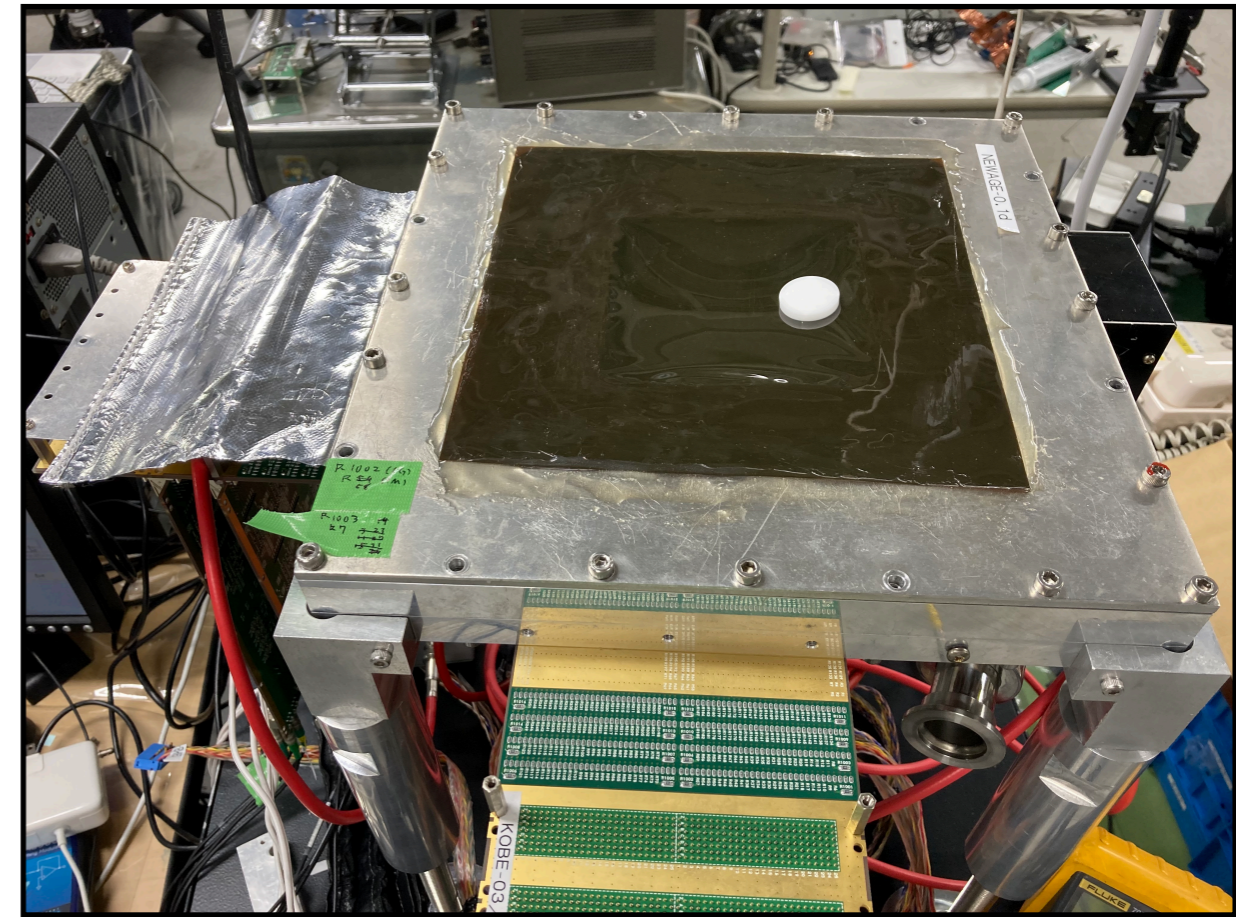


- ▶ **GEM 1枚+10cm角μ-PIC**
 - Anodeを32chずつ束ねて波形取得
- ▶ Ar+C₂H₆(9:1) 1気圧
- ▶ HV電圧
 - Anode 505V, GEM -400/-300V,
Drift -600V, threshold: -20mV(Cathode)

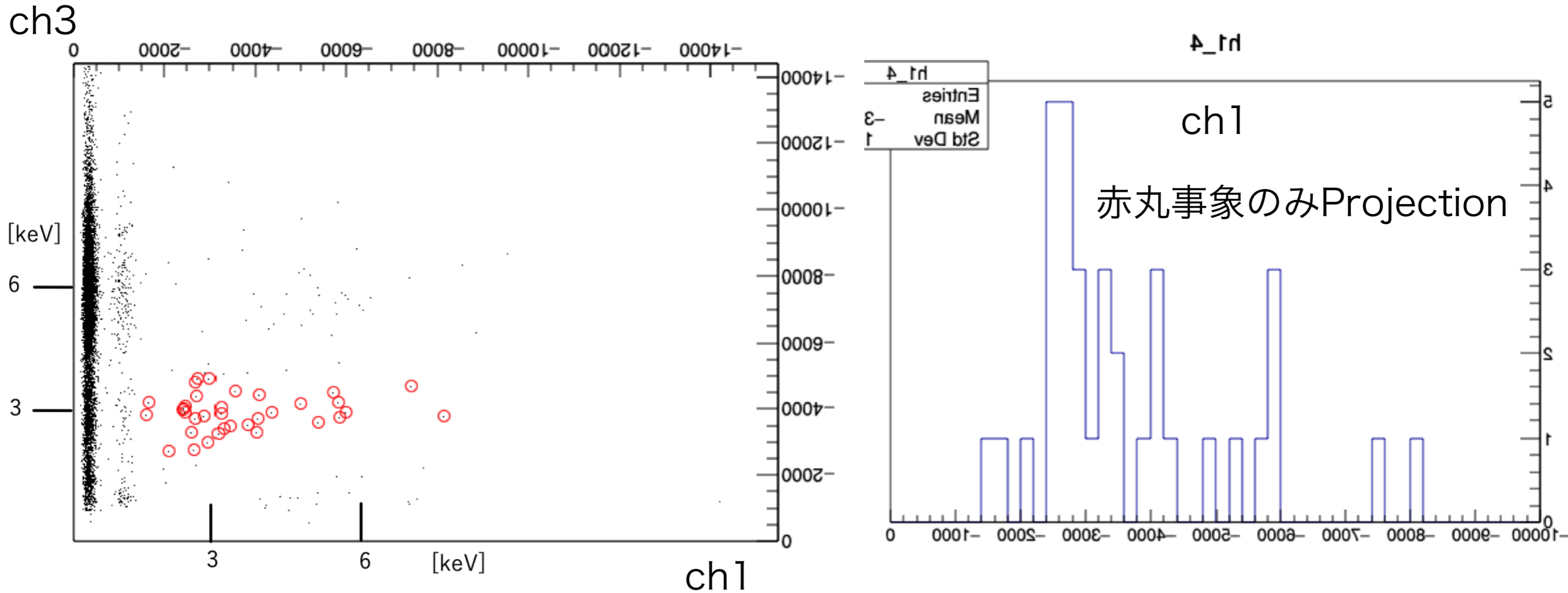


^{55}Fe calibration

- ▶ ^{55}Fe 5.9 keVによる較正ラン
- ▶ 特に, Ar特性X線 3keVを見たい
 - エスケープピーク3keV同時観測でKKアクシオン崩壊の擬似信号
 - 1~2cm程度離れた2つのchを用いて3+3 keV事象を探してみる



^{55}Fe calibration



- ▶ 1~2cm離れたchでの波高分布を比較し, 3+3keV事象を探索
 - ch3のノイズ事象はカット
 - ch3 3keV程度の事象と同時観測されたch1事象が赤丸プロットされている
- ▶ エスケープピークを見ることができ, 十分な探索性能を持つことを確認

まとめ

- ▶ 余剰次元を伝播するKKアクシオンは**太陽内部でも熱的に生成可能**
太陽系内にトラップされているものも存在し、**地球でも観測可能**
- ▶ KKアクシオン探索には、**低圧ガス検出器が非常に有利**
 - 崩壊数は有効体積のみに依存 -> **有効体積拡張性**
 - 同エネルギーの光子を2つ放出 -> **2光子同時検出によるBG除去**
- ▶ NEWAGE チェンバー供用部を一部利用して、
低コスト・高感度での太陽KKアクシオン探索が可能であると期待
 - **将来的に太陽コロナ問題を説明可能な領域の探索**を目指す
- ▶ 神戸大にて予備実験
 - 検出器動作確認を完了
 - **^{55}Fe のAr エスケープピーク (3+3keV) を観測**できて大勝利

この研究はKEK測定器開発プラットフォームの支援を受けました。