

低圧ガス検出器を用いた 太陽KKアクションの探索

東北大学 ニュートリノ科学研究中心
細川佳志

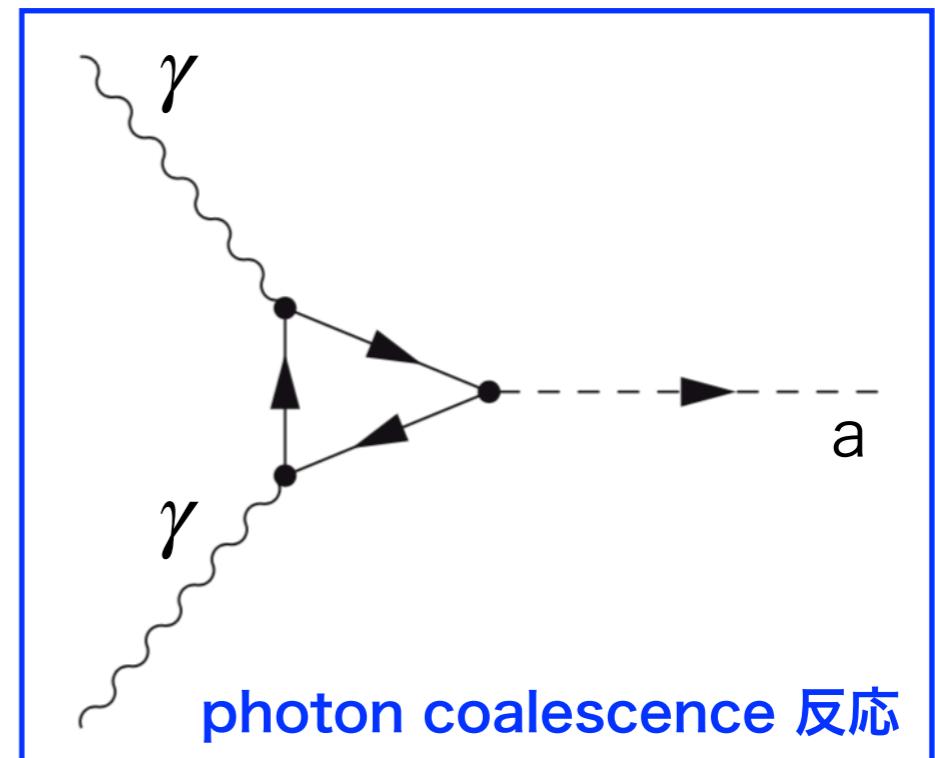
Aug. 24-25th, 2019

新学術 「地下宇宙」 領域研究会

太陽KKアクション

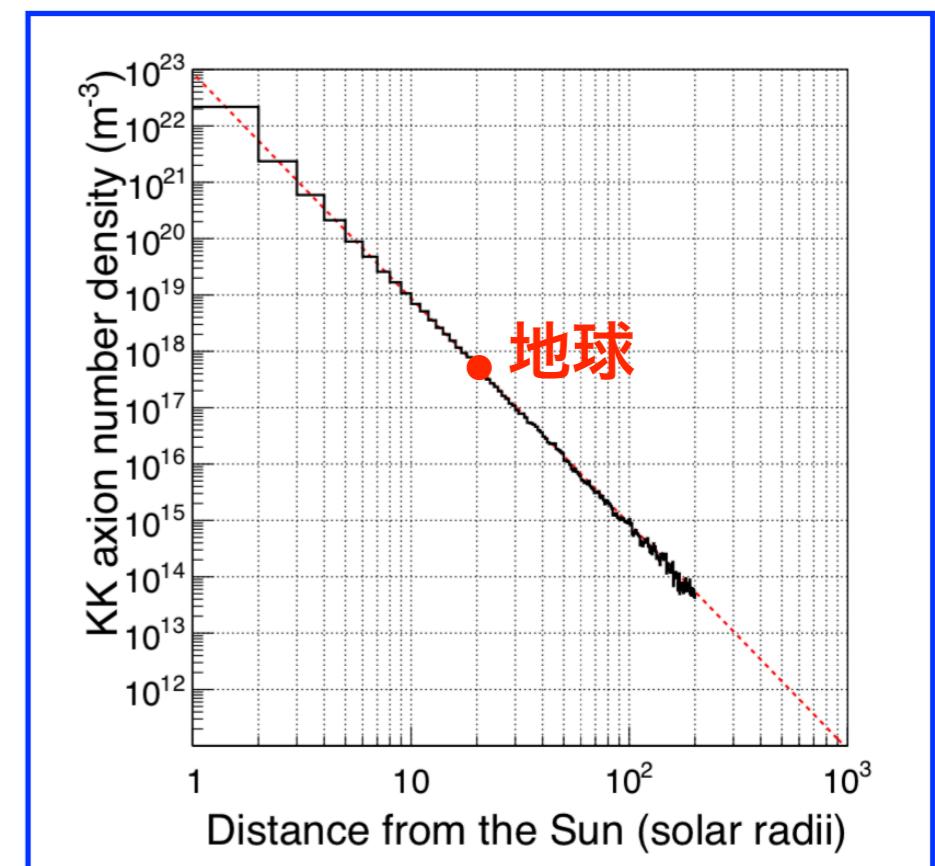
- 余剰次元中を伝播する
カルツァ＝クライン(KK)アクションは、
photon coalescence 反応($\gamma\gamma \rightarrow a$)など
によって太陽内部でも熱的生成可能

- 太陽系内に捉えられる
“太陽KKアクション”も存在



- 複数の問題を解決可能
 - 強いCP問題 (アクション)
 - ゲージ階層性問題 (余剰次元)
 - 太陽コロナ問題 (アクション由来 X線)

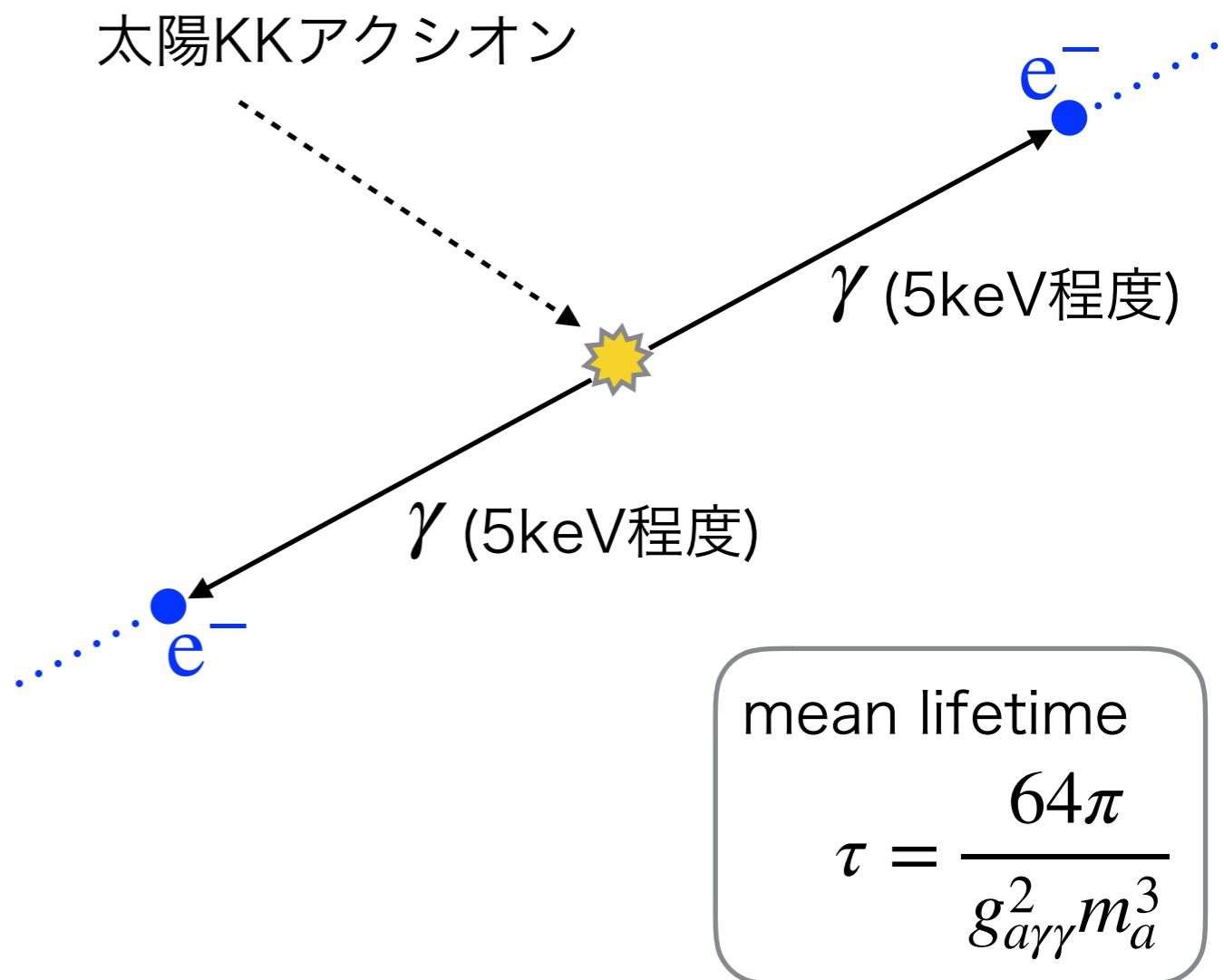
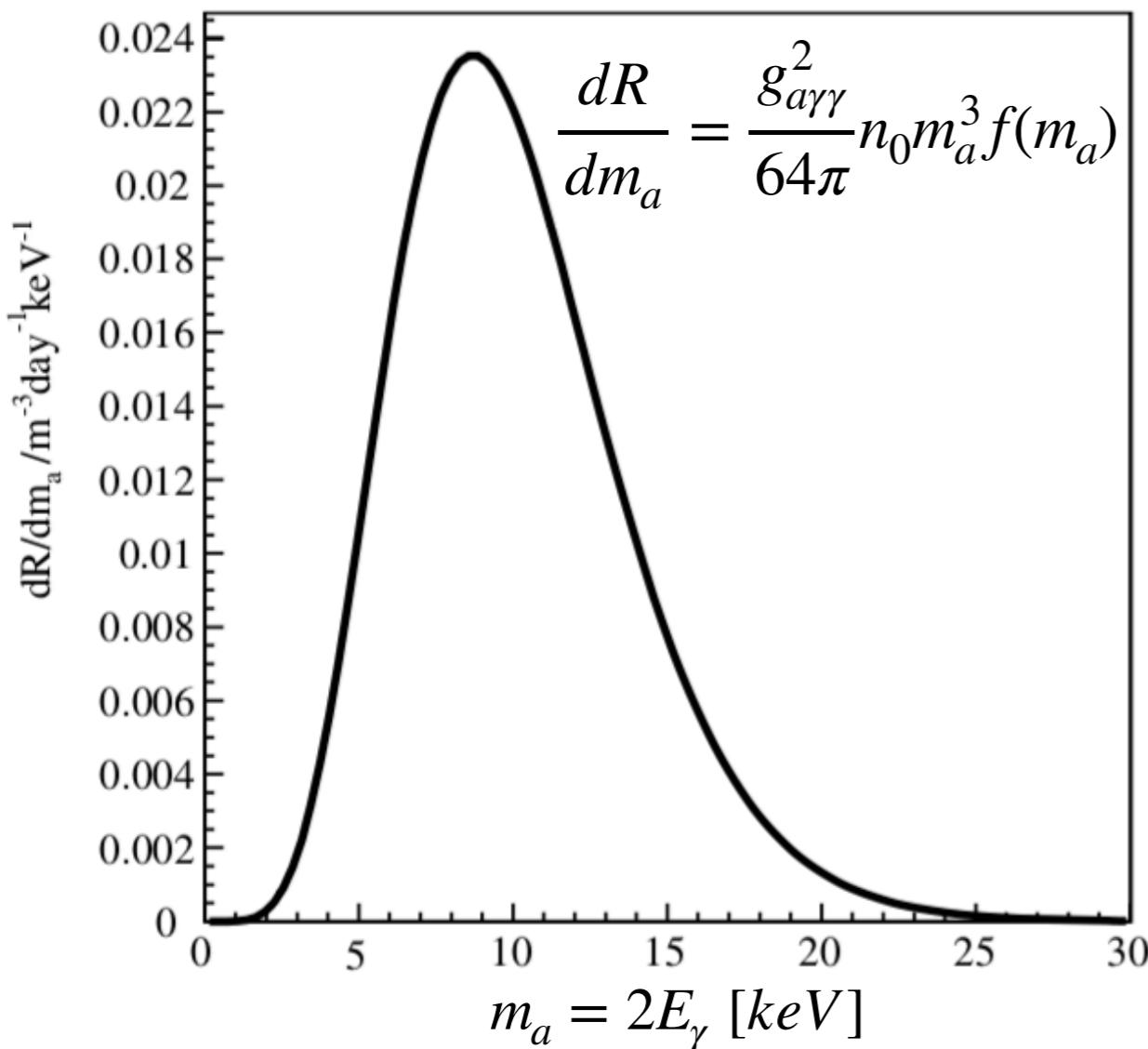
- 余剰次元での粒子の運動は
四次元時空では質量として観測される為、
無限に続く連続的な質量階層を持つ



KKアクションの崩壊特性

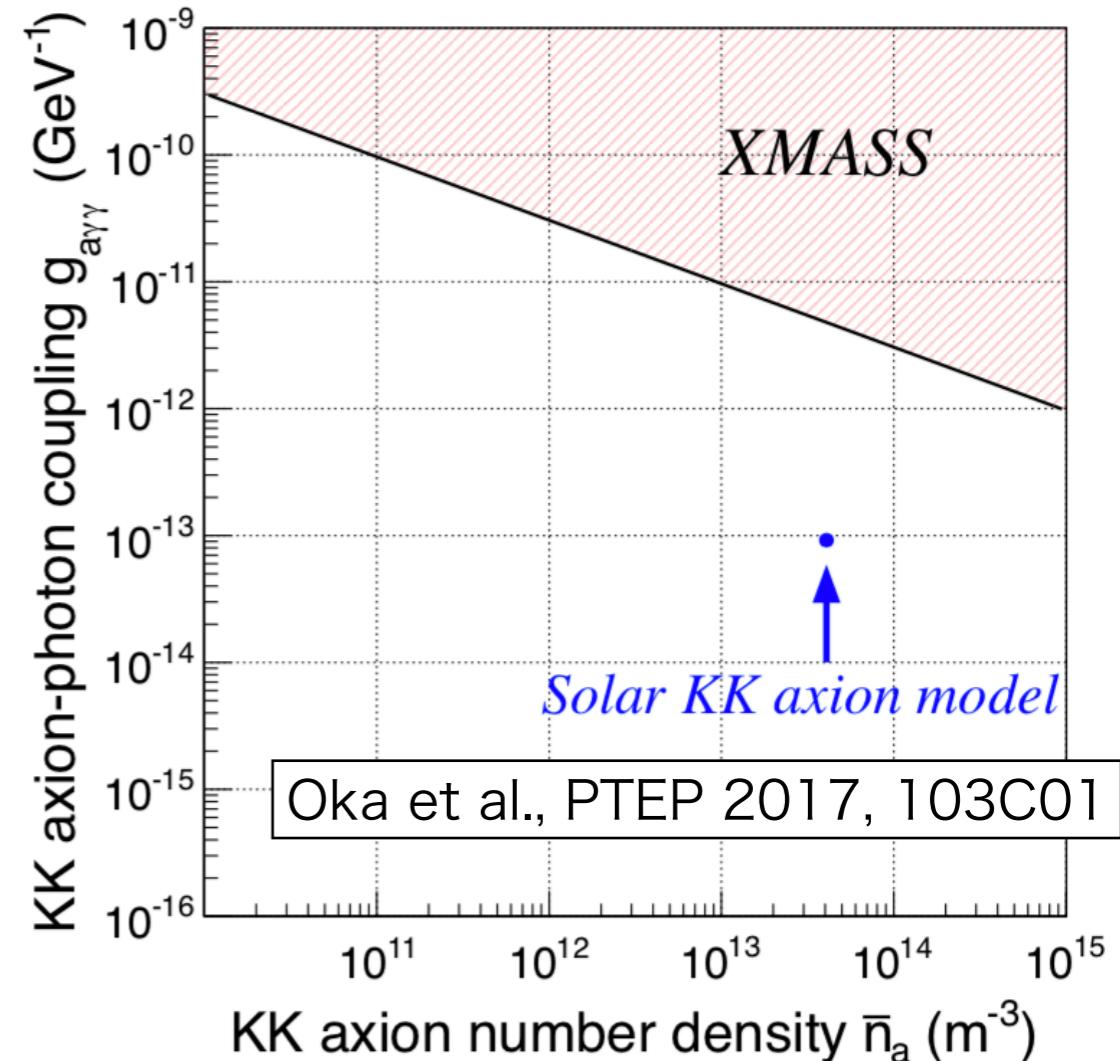
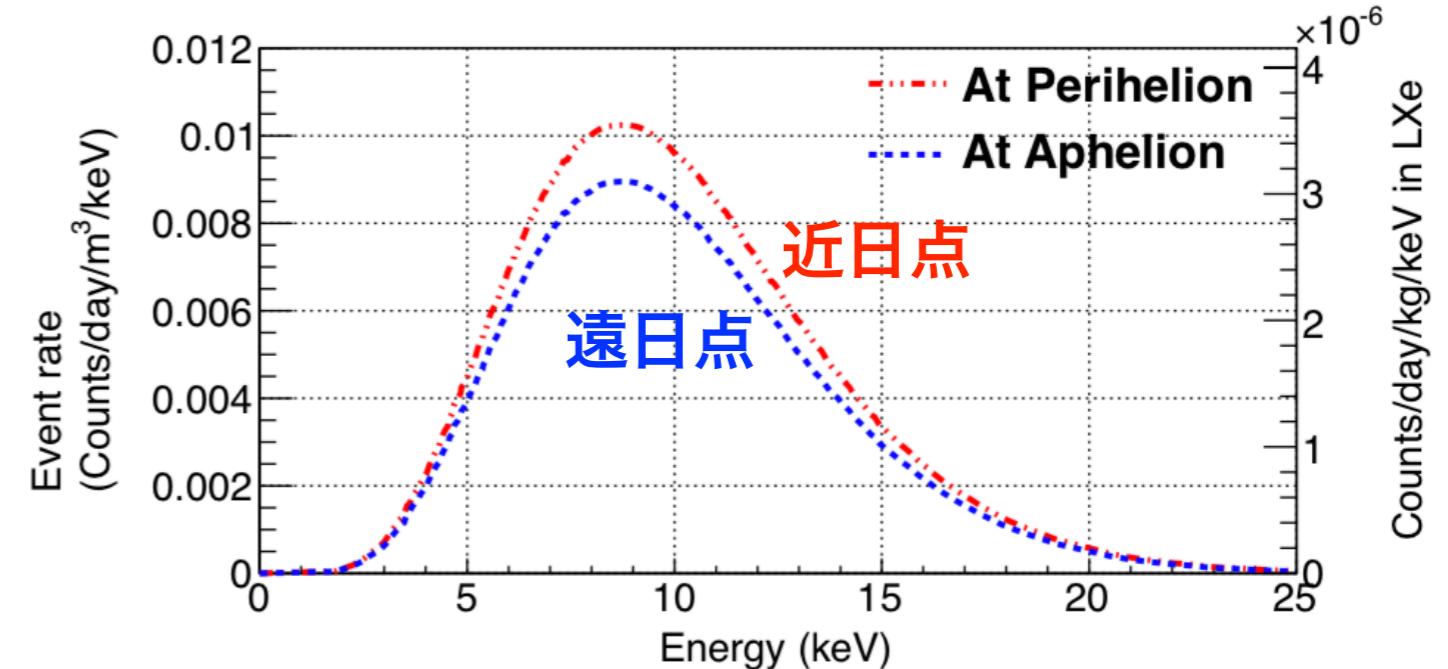
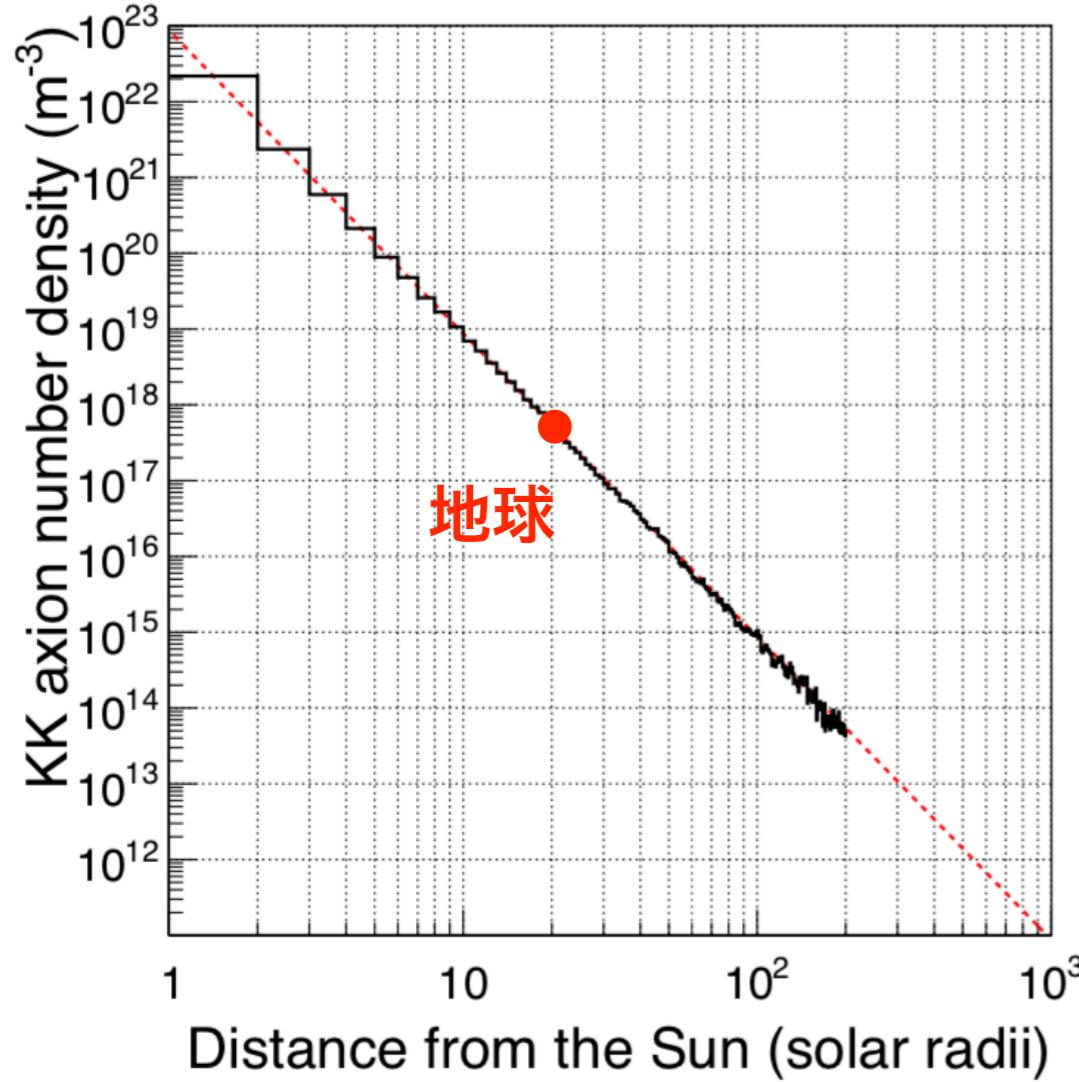
B. Morgan et al., Astroparticle Physics 23 (2005) 287–302

地球近傍のKKアクション崩壊スペクトル



- 検出器内でのKKアクションの崩壊数は有感領域の体積のみに依存する
- 崩壊時、同じエネルギーを持つ2つの光子を放出する

旧B01班 XMASS実験による先行研究

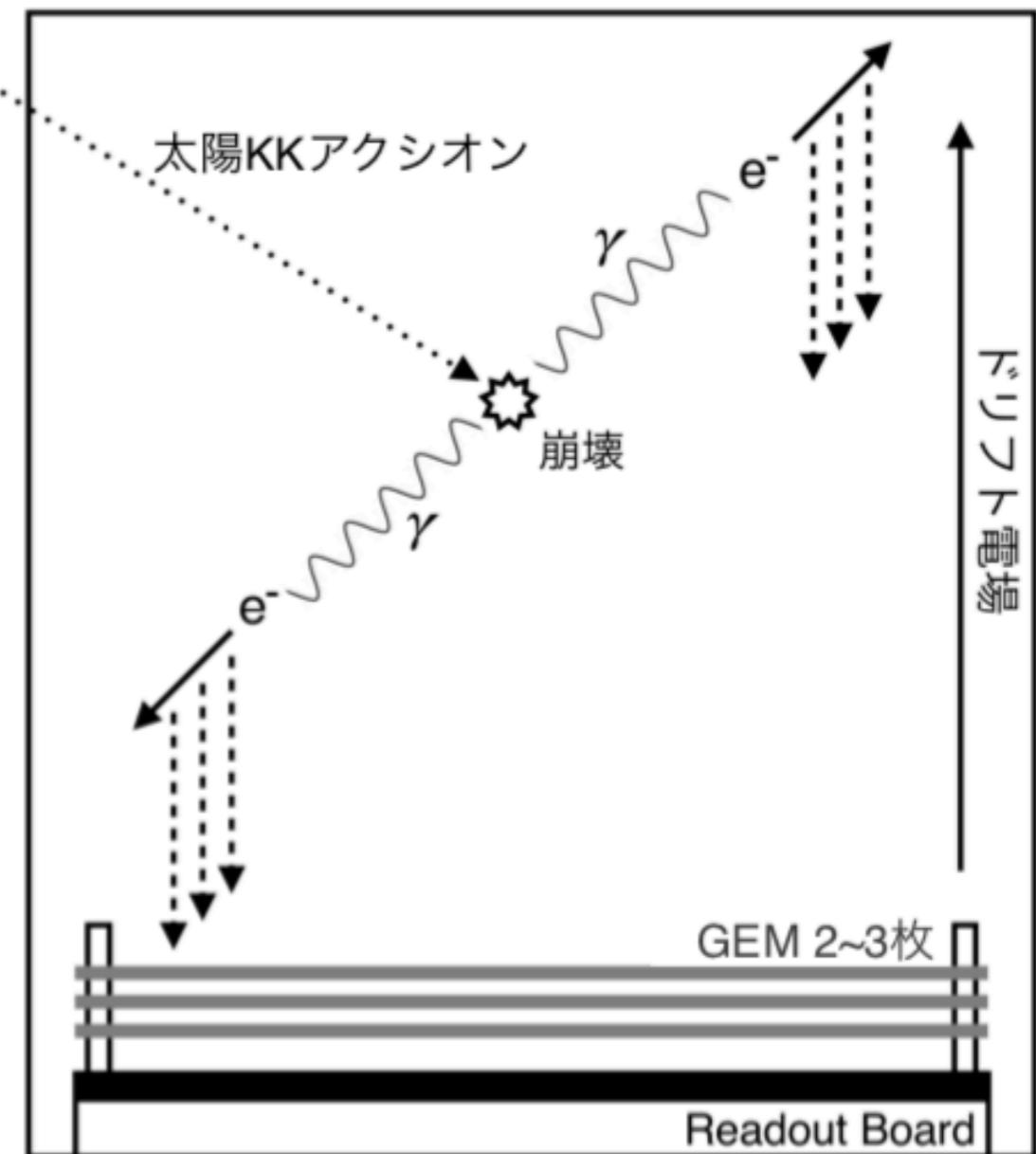
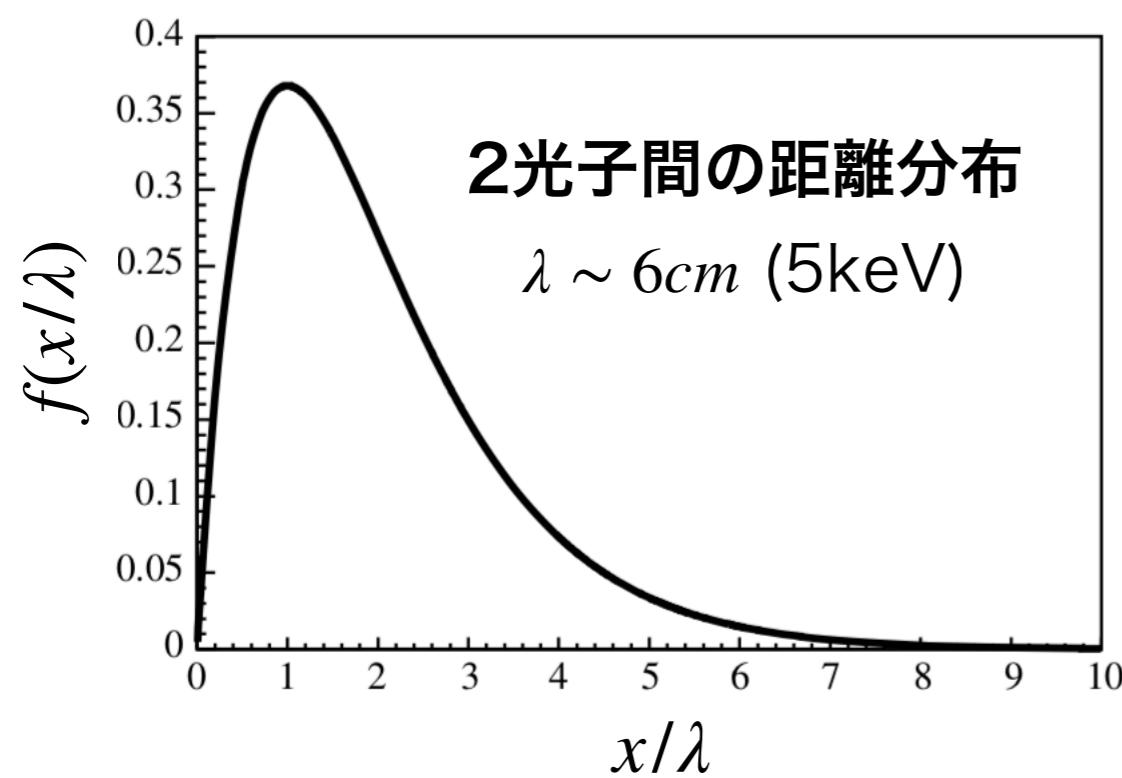


- XMASS実験によって世界初の探索
 - 極低バックグラウンド液体キセノン検出器
 - Exposure: $0.288 \text{ m}^3 (832 \text{ kg}) \times 359 \text{ days}$
- 太陽-地球間の距離による崩壊数の季節変動を探索
- モデルまであと二桁！！有意な振幅は見られず

低圧ガス検出器を用いた太陽KKアクション探索

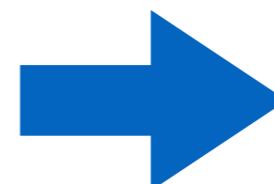
非常に強力なBG除去能力

- 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



有感体積拡張性

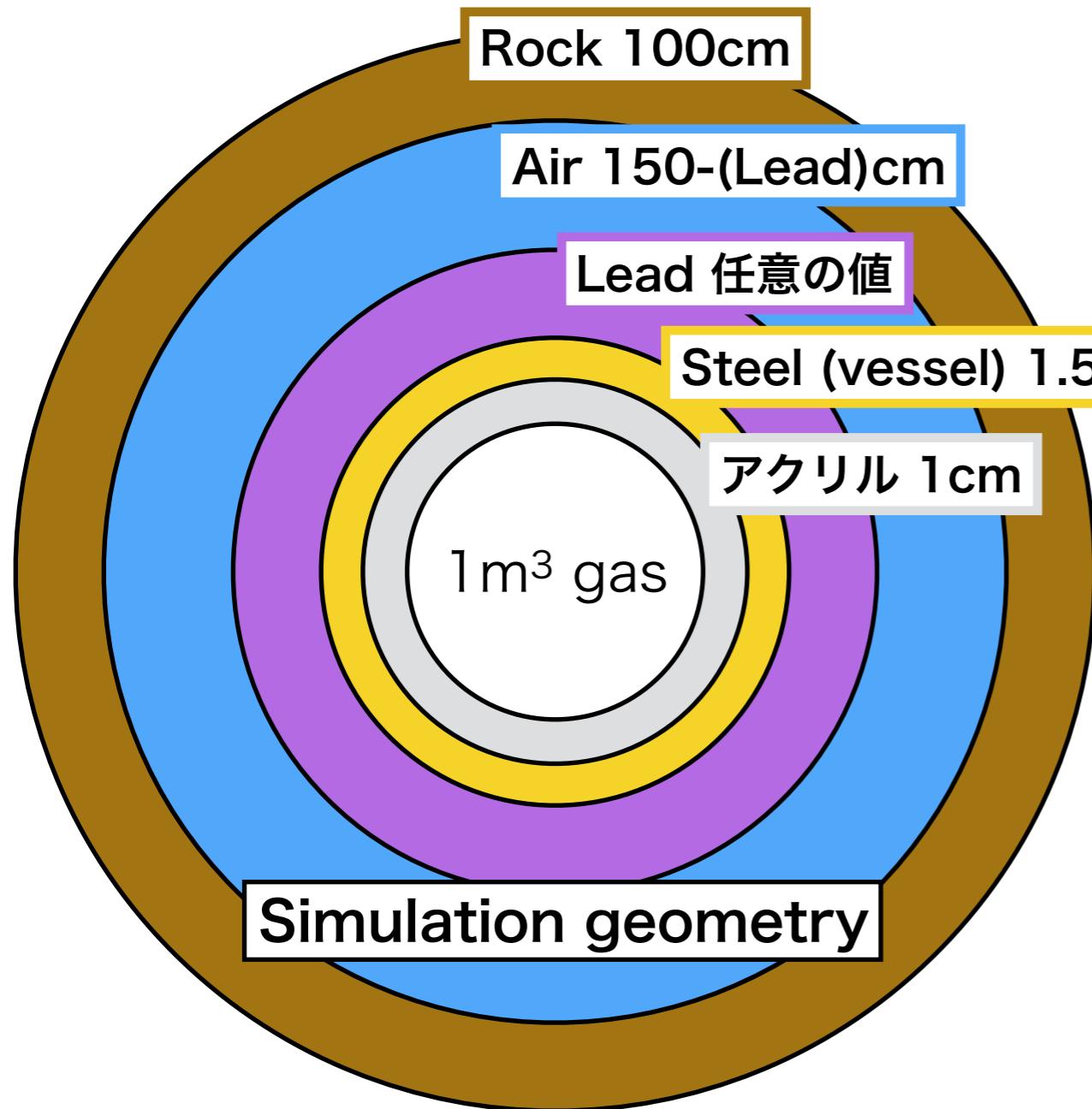
- 常温の低圧ガスを使うので、有感体積の拡張が比較的容易



低圧ガスが有利！！！

Expected Background

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



Assumed contaminations

Rock
^{238}U chain:: 60 ppb
^{232}Th chain:: 130 ppb
^{40}K :: 1000ppm

Steel vessel
U/Th 1ppb, K 1ppm
Copper vessel
U/Th 0.01ppb, K 1ppm

a) $r \times 2$ のコインシデンス事象頻度

Configuration	R (0–30 keV)/m ⁻³ day ⁻¹
unshielded vessel	270
vessel with 5 cm Pb	0.109
vessel with 10 cm Pb	7.82×10^{-3}
vessel with 15 cm Pb	5.81×10^{-3}
Cu vessel with 15cm Pb	2.15×10^{-6}

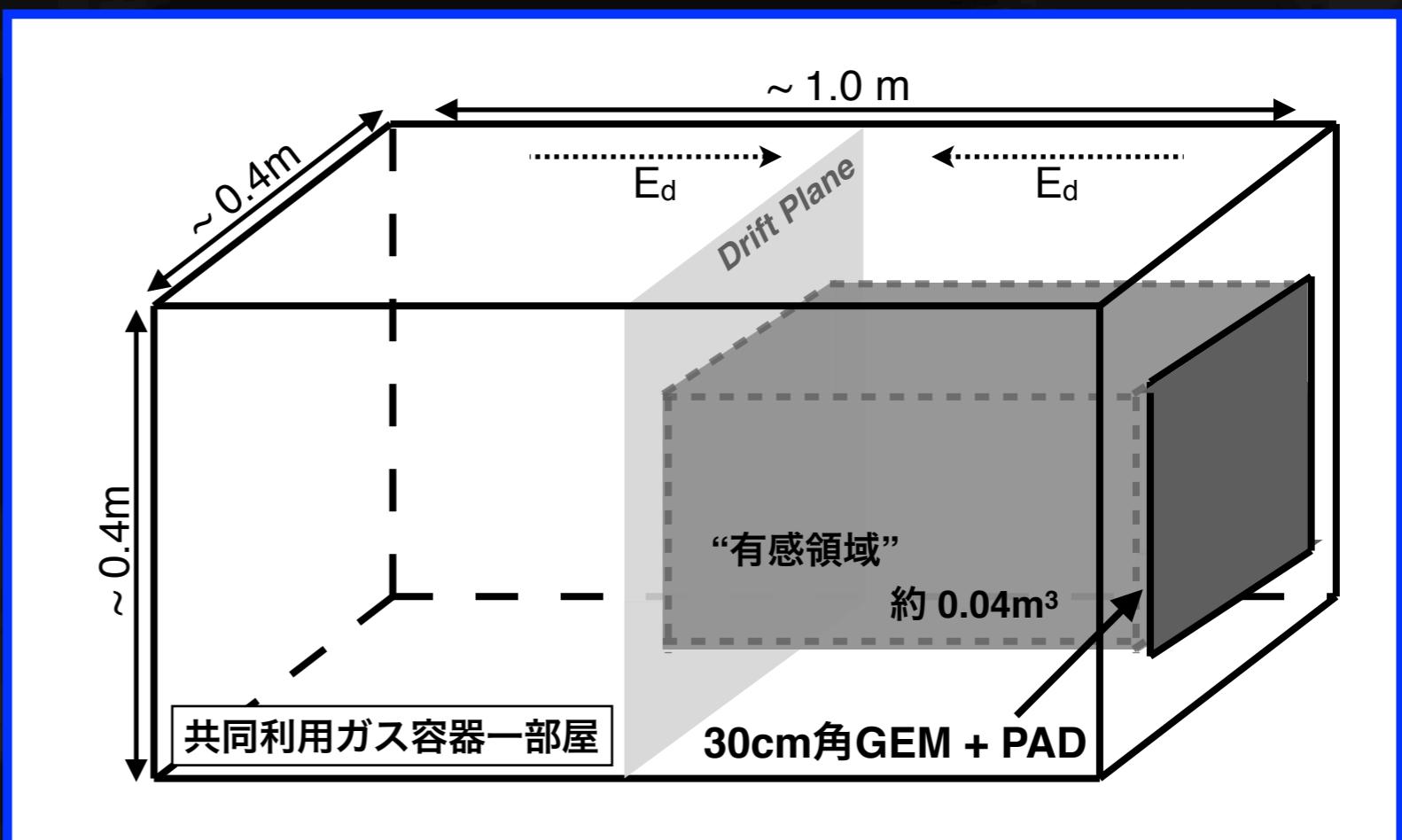
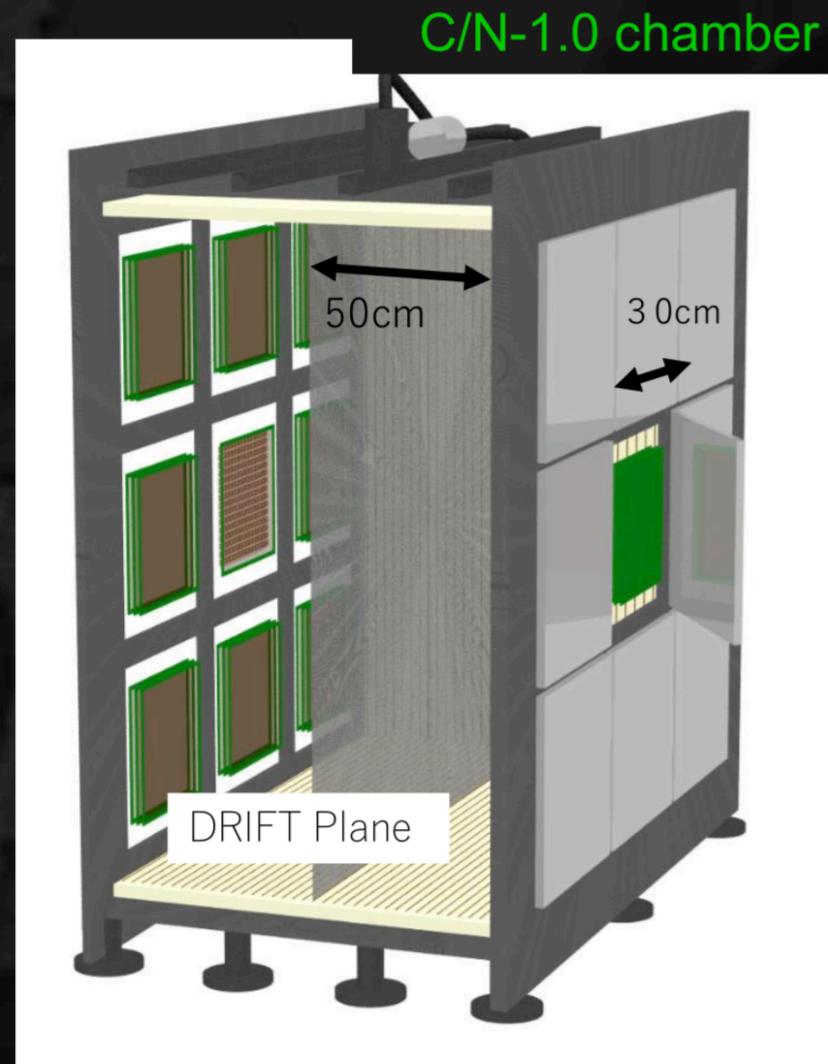
b) 岩盤・容器から放出される γ の多重散乱による KKaxion-like 事象頻度

Configuration	R_d (0–30 keV)/m ⁻³ day ⁻¹
Rock, no shield	110
Rock, 5 cm Pb	1.64
Rock, 10 cm Pb	0.101
Rock, 15 cm Pb	5.05×10^{-3}
Steel vessel	0.540
Copper vessel	4.94×10^{-3}

- 低放射能容器の利用で5~6桁のBG除去が期待できる
- シールドでさらにBG低減

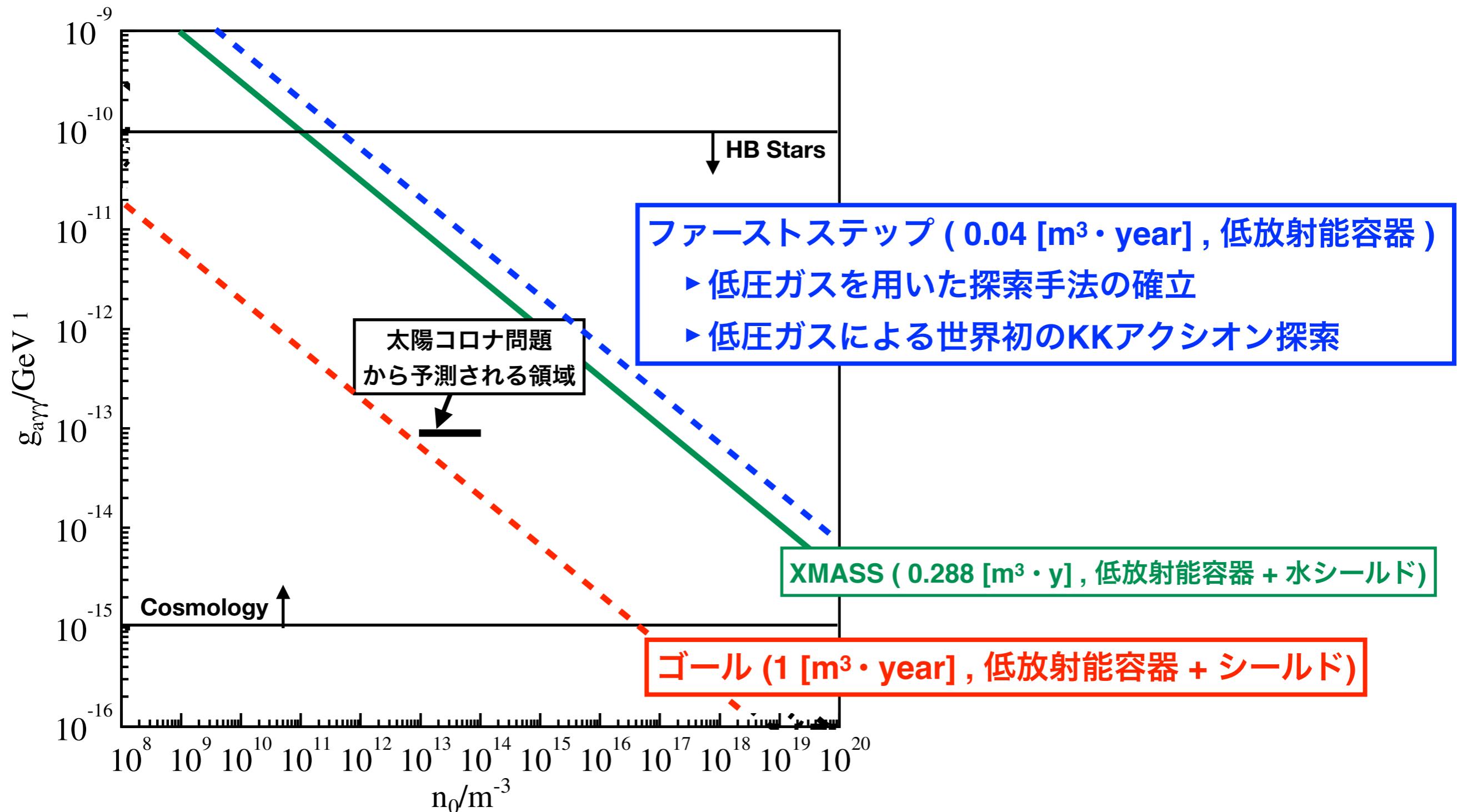
◆ large chamber (CYGNUS/NEWAGE)

- 18 windows for $30 \times 30 \text{ cm}^2$ detectors
- new concept detectors are welcome!



ready for low rate
measurement

目指すところ



- ・ 低放射能容器 C/N チェンバーを用いた開発・観測で、先行研究に迫る感度
- ・ 更なる低BG環境構築・有感体積拡張で太陽コロナ問題によるモデルを検証

まとめ

- › 余剰次元を伝播するKKアクショ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
- › KKアクション探索には、**低圧ガス検出器が非常に有利**
 - 崩壊数は有感体積のみに依存 -> 有感体積拡張が比較的容易
 - 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除去が可能
- › B02班のCYGNUS/NEWAGE チェンバーを一部利用して、
低成本・高感度での太陽KKアクショ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**