

ANKOK実験5: 気液2相型アルゴン光検出器 による暗黒物質探索

早大理工研 田中雅士
五十嵐貴弘, 蟻名幸二, 木村眞人, 鈴木優飛, 中新平, 藤崎薰,
横山寛至, 寄田浩平, 鶩見貴生
2015/9/28 日本物理学会 大阪市立大学

発表の構成

田中発表 28aSJ-1

- 実験概要

- 物理目標
- 現状と今後の展望

鈴木発表 28aSJ-3

- 中性子背景事象

- 環境中性子測定
- 内部バックグラウンドの理解

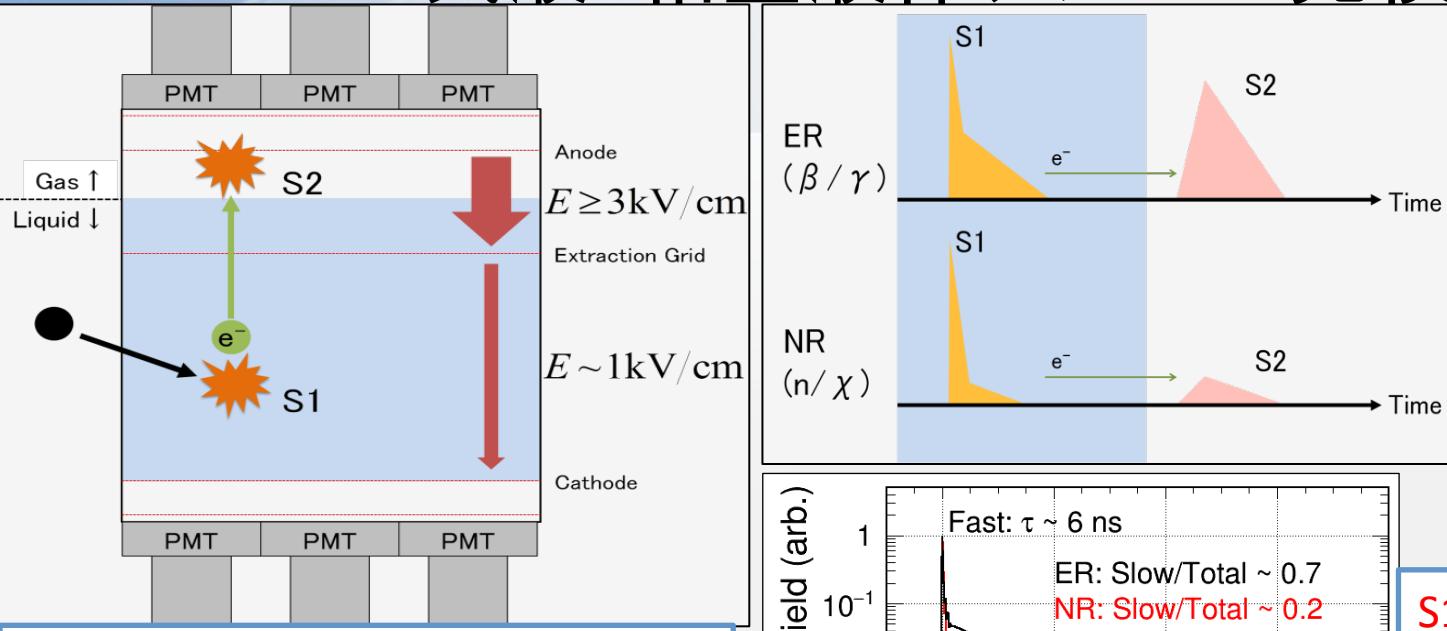
木村発表 28aSJ-2

- 原子核反跳・電子反跳識別

- プロトタイプ検出器性能評価
- シミュレーションによる理解

気液2相型液体アルゴン光検出器

3

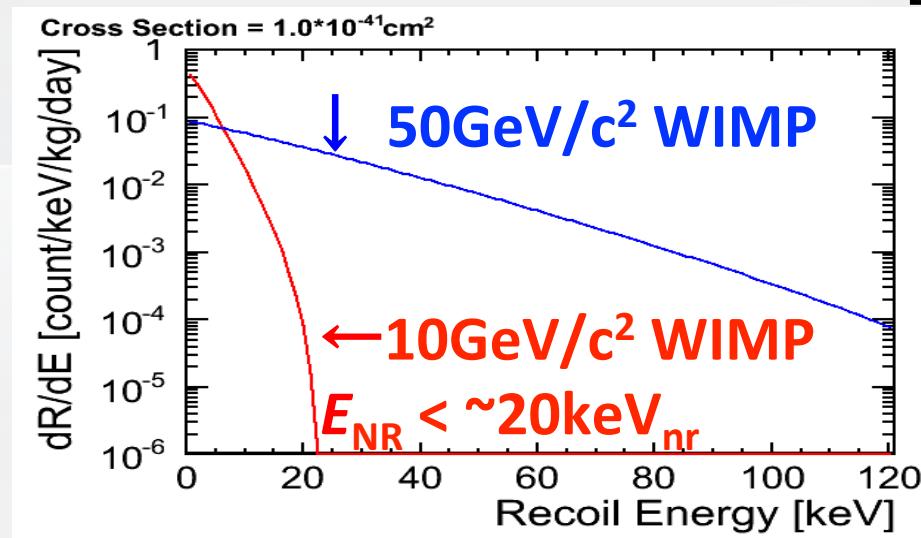
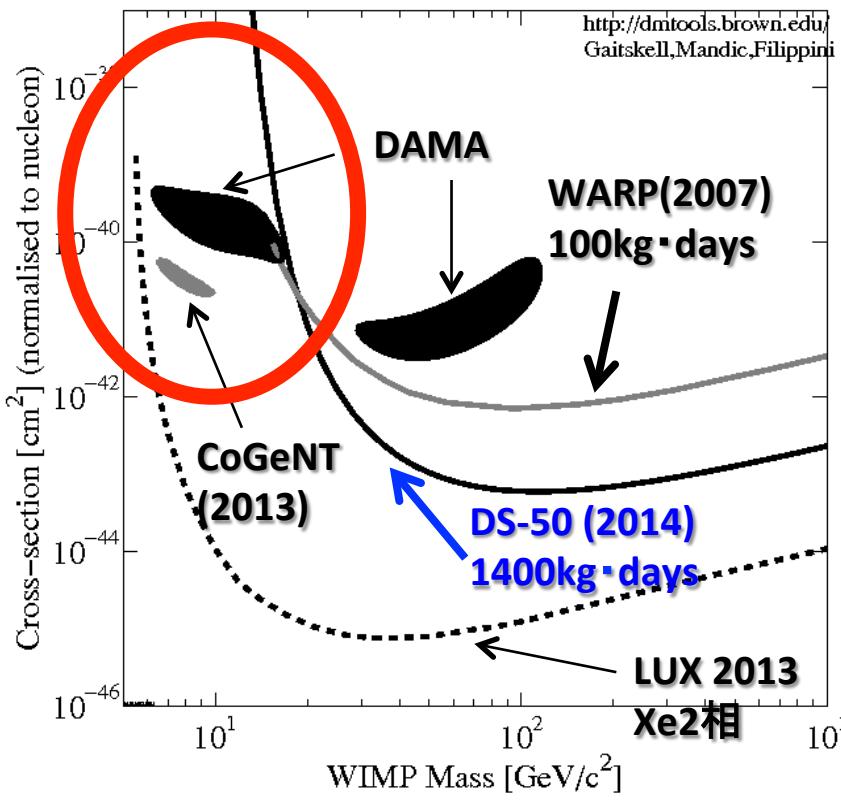


- 液体アルゴン
密度 1.39 g/cm^3 沸点 -186°C
- シンチレーション光
真空紫外 $\sim 128\text{ nm}$
- 光・電離電子数: $\sim 50 / \text{keV}$
- ${}^{39}\text{Ar}$: ベータ崩壊 $\sim 1\text{ Bq/kg}$

S1とS2の光量比
を用いて信号と
背景事象を分離

S1の信号波形を用いて
信号と背景事象を分離
早い成分 $\sim 6\text{ ns}$
遅い成分 $\sim 1.5\text{ }\mu\text{s}$

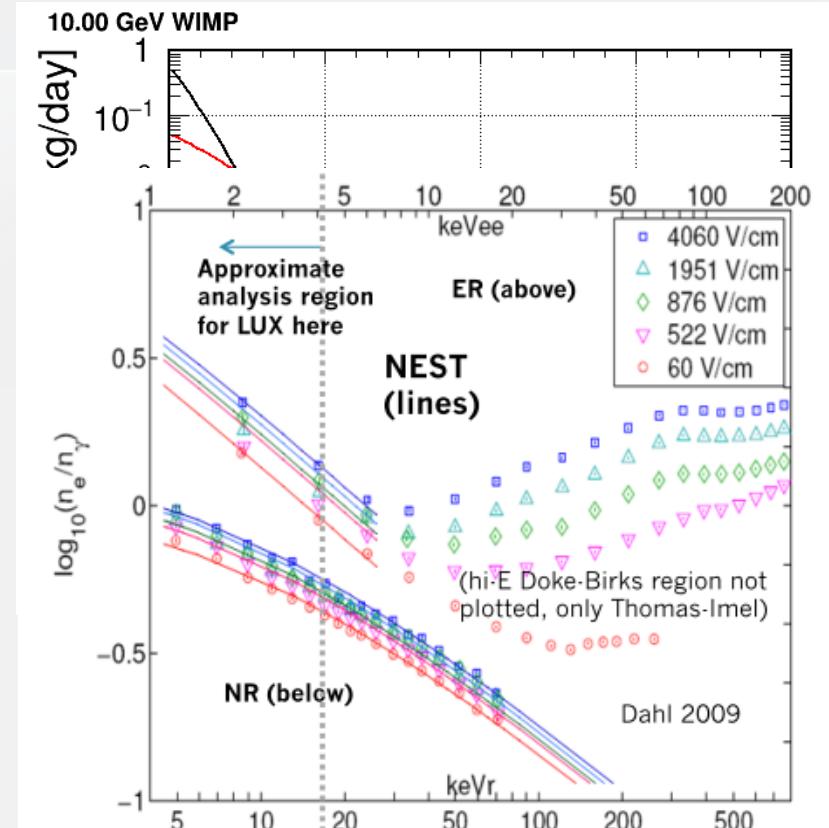
ANKOK実験の物理目標



- 10 GeV/c²領域探索(Ar)には
 - 低エネルギー($E_{\text{NR}} \sim 20 \text{ keV}$)事象の理解が不可欠
 - 高感度な小型検出器でも可能
 - 1000 kg x day (30kg x 30 days)

キセノン2相とアルゴン2相の比較

- 反跳エネルギー
 - Ar > Xe : ~2倍
- 検出光量
 - Xe(175nm) > Ar(128nm) : ~1.5倍
- ^{39}Ar (ER背景事象)の存在
- PSD
 - Ar(slow: 1.5μs) >> Xe
- S2/S1
 - Xe ~ Ar
 - → Xe > Ar
 - XeではS2発光量が低エネルギー(<100keV)で増大
 - Arにおいて理解を進めることにより感度向上の可能性



The keVnr energy scale shown here is Dahl's, and assumes an old, flat $\zeta = 0.25$ value. Hitachi, the 5 keVnr point is actually 8.67 and has been accounted for in NEST when fitting to

液体アルゴン取扱い

- 液体アルゴン純化
 - 発光量・電離電子量: O₂, N₂
 - 放射性: ラドン、³⁹Ar
- 真空断熱・冷凍機による保持
- 長期安定性・モニタリング

小型プロトタイプ検出器開発

- 2相検出器基礎技術
- 検出光量の最大化(128nm光)
- 電場設計、電圧印加
- DAQ、データ解析方法の確立

一定の目途がついた項目
今回の発表内容

低バックグラウンド技術

- 環境中性子の測定
- シールドによるBG削減
- 内部BGの測定・削減

10 GeV/c² WIMPに 感度を持つ実験の実現

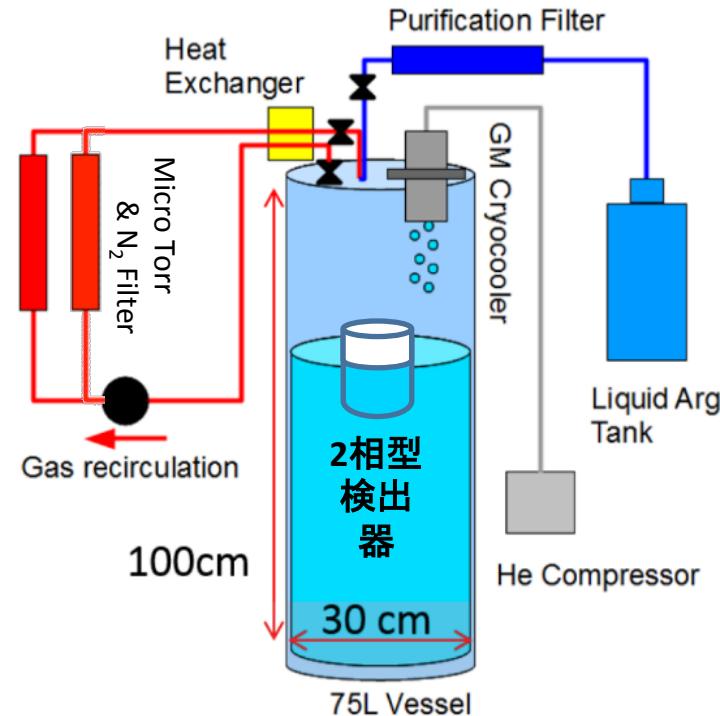
シミュレーション

- アルゴン発光・電離機構
- 光シミュレーション
- 検出器応答

本実験検出器

- 物理感度の予想・最適化
- テストスタンド増強
- 実機設計・製作
- データ取得
- ...

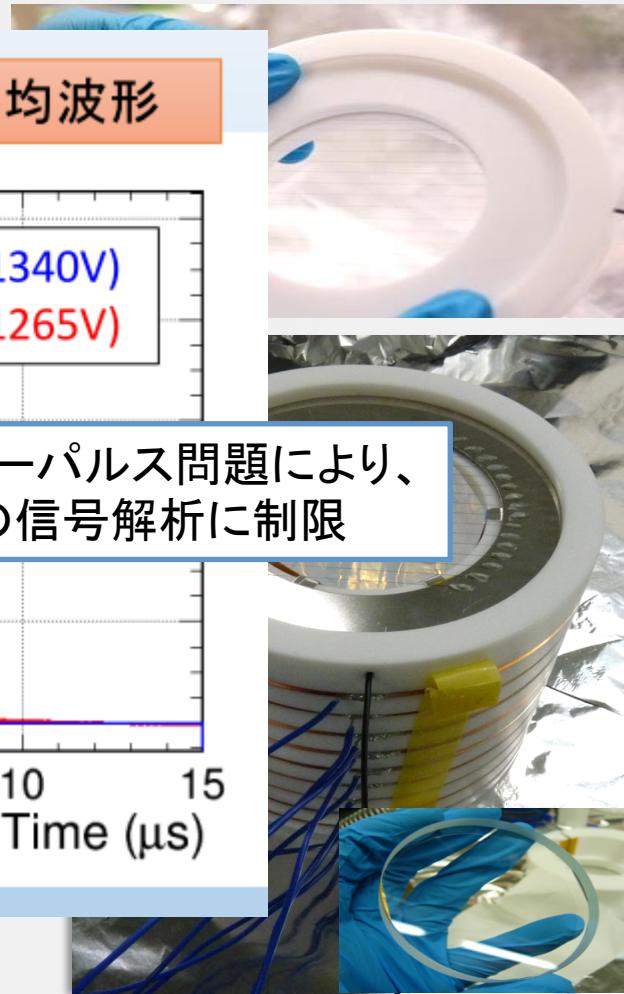
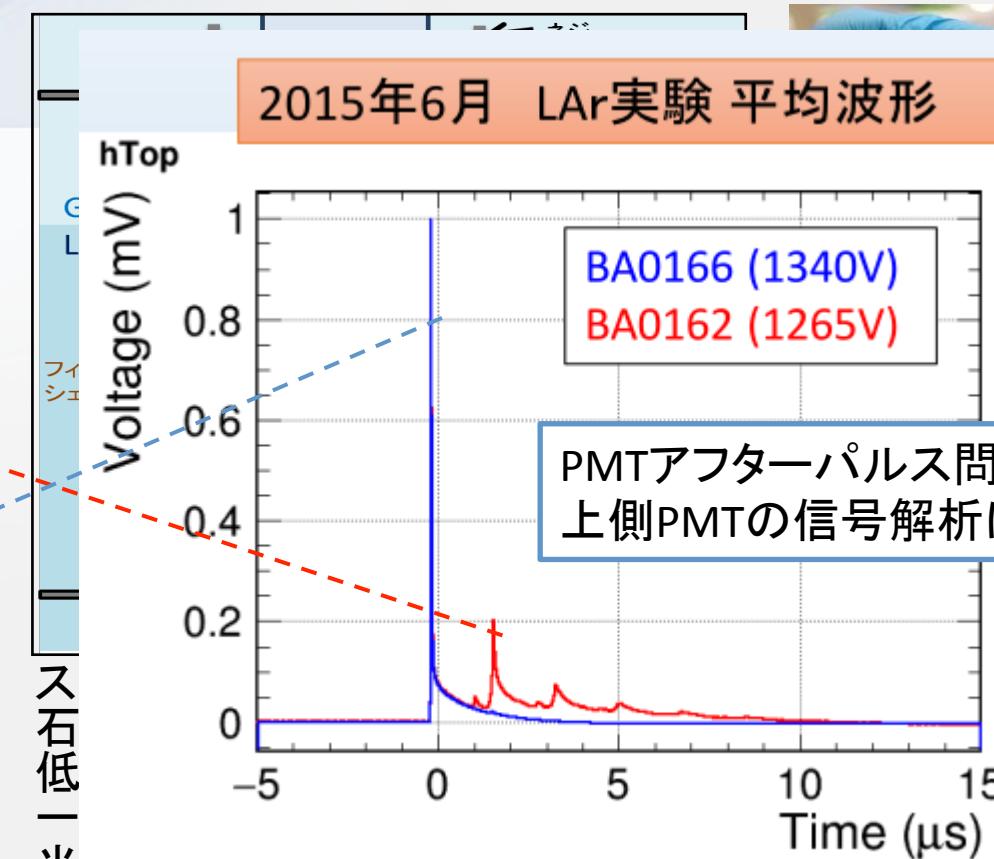
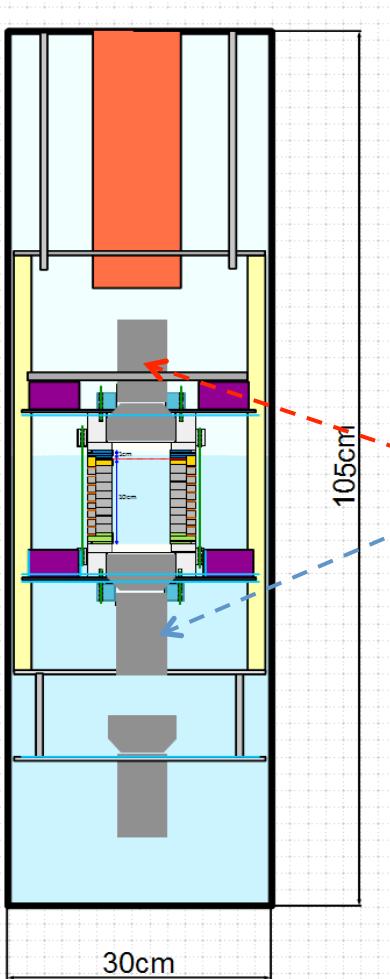
早稲田液体アルゴンテストスタンド(旧)



実験開始までに約2週間の真空引き
 液体アルゴン充填開始からデータ取得まで~12時間
 高純度液体アルゴン(酸素、水<1ppb、窒素<100ppb)精製
 ~3週間の安定運用

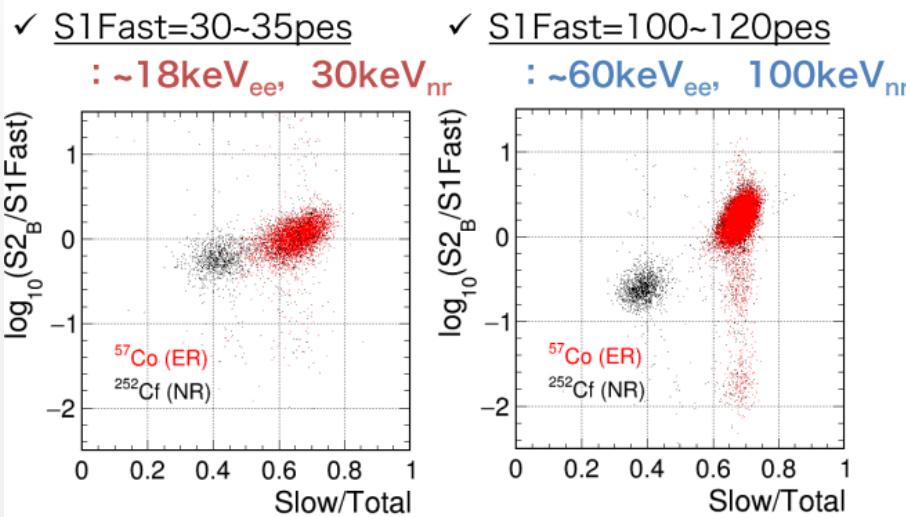


プロトタイプ検出器

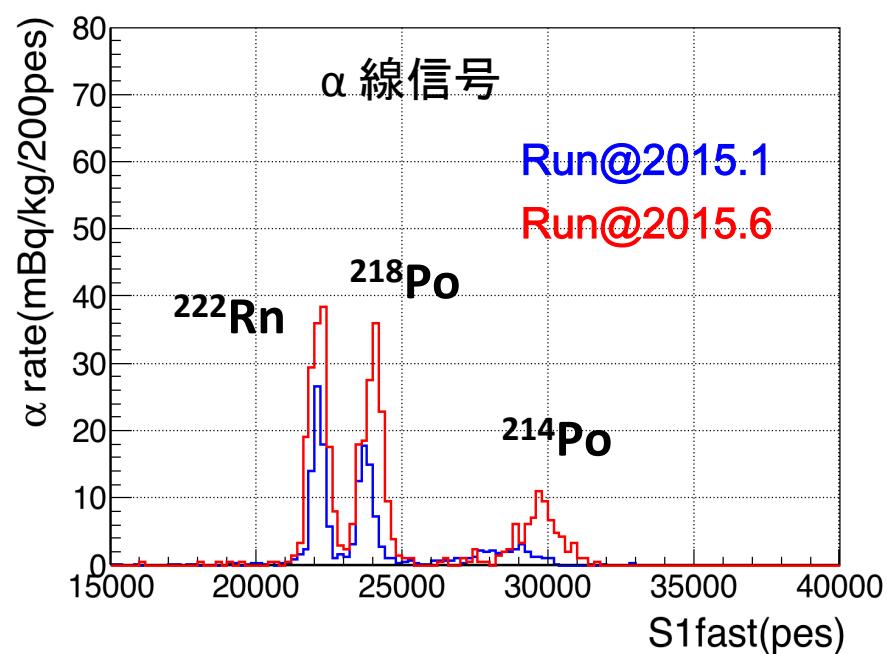


プロトタイプ検出器結果(木村・鈴木)

- ~7 pes/keVeeの光量達成
- ~30 keVnrでのER/NR分離

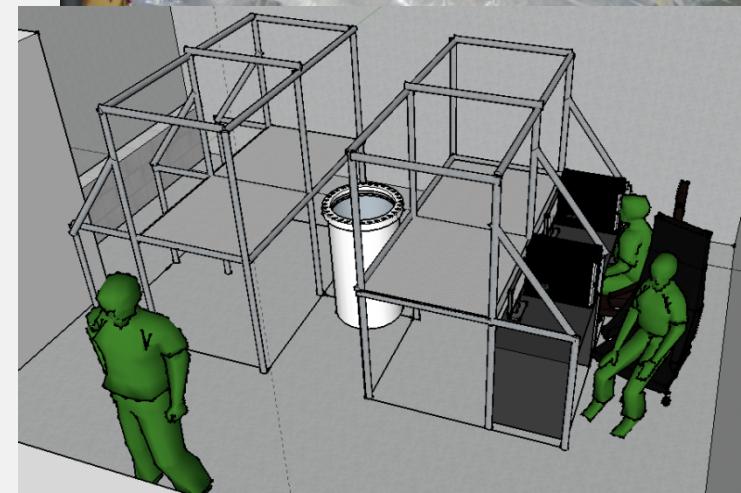
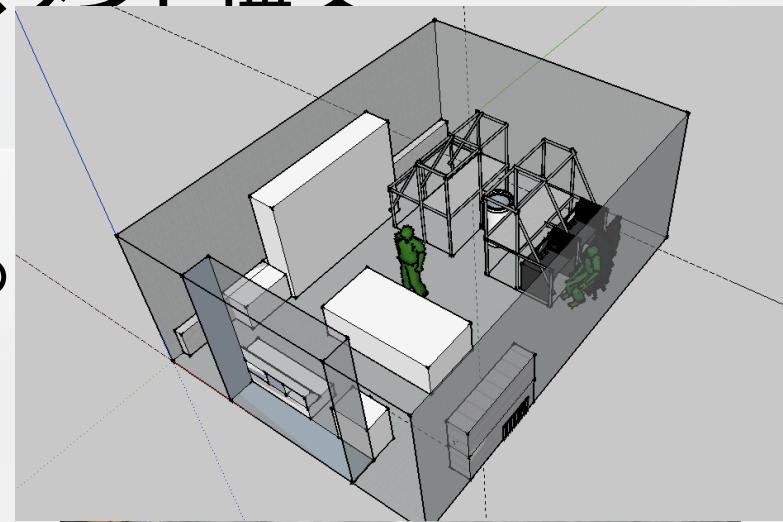
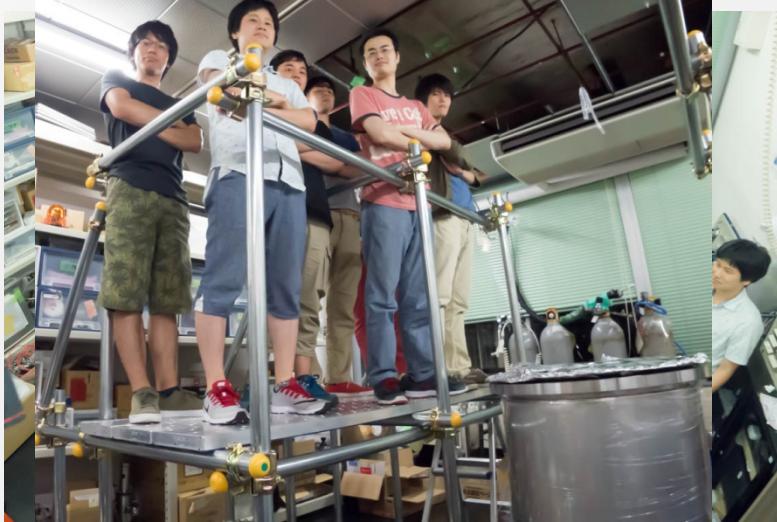


- ~100 mBq/kgの α 線検出



地上実験に向けたテストスタンド構築

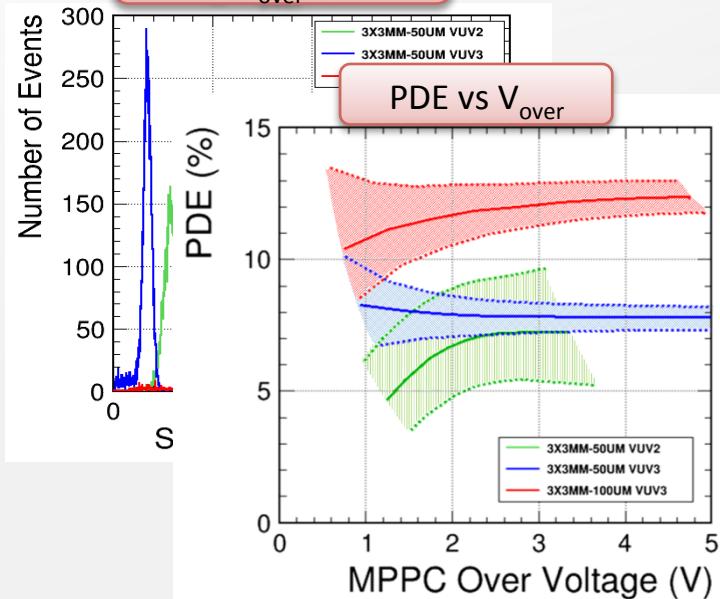
- 来年度のデータ取得を目指して新テストスタンドを構築中
 - 引き続き早稲田51号館8階
 - 200L容器($\phi 50\text{cm} \times H100\text{cm}$)
 - 内面電解研磨によるラドン放出の抑制
 - テストスタンド架台
 - シールド等重量分散(300 kg/m^2)
 - 容易に移設可能



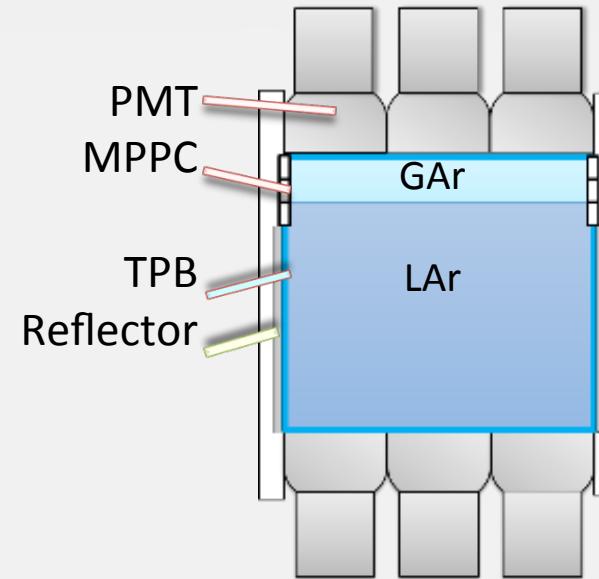
本実験検出器設計

- Ar VUV MPPCの実用化
 - [arXiv:1505.00091](https://arxiv.org/abs/1505.00091)
 - 128nm光を直接検出
 - $^{241}\text{Am}\alpha$ 信号に対してPDE~12%を達成

Signal Charge
@ $V_{\text{over}} \sim 3\text{V}$



- 30kg (30cm ϕ x30cmL)程度の検出器設計に取り掛かる
- PMT ~ 20本(上下面各10本)
 - 浜松ホトニクスと打ち合わせ
 - アフターパルス問題は解決に目途
- MPPCを用いた径方向位置分解能の向上
 - アルゴン気相の壁面に配置
 - Fiducial cutの精度向上



まとめと展望

- 気液2相アルゴン光検出器を用いた暗黒物質探索(ANKOK実験)に取り組んでいる
 - 低質量領域探索(DAMA領域)に特化した小型(数10kg)検出器
 - $E_{NR} \sim 20 \text{ keV}$ に感度を持つことが必須
- プロトタイプ検出器(~1kg)による開発
 - 大光量2相検出器の達成
 - ~20 keVnr付近でのER/NR事象分離の確認
 - ~100 mBq/kgの α 線背景事象の検出
 - シミュレーションによる理解を進める
- 背景事象の理解
 - 実験環境における環境中性子測定方法の確立
 - 内部バックグラウンドの物理感度への影響評価
- 本実験検出器(~30kg)の設計製作を開始
 - 新テストスタンドの構築
 - 検出器の物理感度最適化