

# MPGD & Active 媒質 TPC2023 研究会



## Report of Contributions

Contribution ID: 1

Type: **not specified**

はじめに

*Friday, 17 November 2023 13:00 (5 minutes)*

Contribution ID: 2

Type: **not specified**

## AXEL 実験：キセノンガスシンチレーション光の効率的な検出方法の開発研究

*Friday, 17 November 2023 13:05 (25 minutes)*

ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊事象の探索を目的とする AXEL 実験では、高圧キセノンガス TPC を用いている。キセノンをはじめとする希ガスのシンチレーション光の波長帯は真空紫外域にある。VUV 光の直接検出には特殊な光検出器を要することや検出効率、バックグラウンド等のさまざまな問題があり、それらの解決を目指したシンチレーション光検出方法の開発研究を行っている。現在開発中のセットアップは波長変換材や反射材、MPPC といった容易に入手可能な物によって構成されており、試作段階にある。本講演では、シミュレーションによる検出効率の検証と、波長変換材塗布実験の途中経過、および高圧キセノンガス検出器への実装を見据えた展望を報告する。

**Presenter:** 浦野, 壮規 (東北大学素粒子実験加速器研究室)

Contribution ID: 3

Type: **not specified**

## MeV ガンマ線観測実験 **SMILE-3** へ向けた **TPC** 信号読み出し基板の開発

*Friday, 17 November 2023 13:30 (25 minutes)*

MeV ガンマ線領域は放射性同位元素の崩壊に伴う核ガンマ線が特徴的なので、超新星爆発中の元素合成の現場や銀河系内の元素拡散の様子を直接観測することができる。しかし MeV ガンマ線は観測自体が困難なので未発達分野である。そこで我々は従来のコンプトンイメージング法に加えてガス TPC により三次元電子飛跡も検出することで、入射ガンマ線の方向を一意に定められる電子飛跡検出型コンプトンカメラ (ETCC) の開発を行っている。2027 年予定の気球実験 SMILE-3 では、銀河中心領域の電子陽電子対消滅線や系内拡散ガンマ線などの観測を計画しており、それに向けて TPC 信号読み出し基板上の FPGA に Spartan7 を採用し、基板ごとの clock 同期を取るなどの改版作業を行なっている。本講演では改版された TPC 信号読み出し基板の現在の試験状況について報告する。

**Presenter:** 塚本, 博丈 (京都大学宇宙線研究室)

Contribution ID: 4

Type: **not specified**

## レーザー加工 **GEM** の最近の宇宙応用～**X** 線偏光衛星 **IXPE** と超小型 **X** 線衛星 **NinjaSat**

*Friday, 17 November 2023 13:55 (25 minutes)*

理研では宇宙用として、レーザーにより穴加工した GEM を、さまざまな科学衛星に搭載してきた。2021 年 12 月に打ち上げられた NASA の X 線偏光観測衛星 IXPE と、理研が 2023 年 11 月に打ち上げる超小型 X 線衛星 NinjaSat について、プロジェクトを紹介するとともに、GEM の開発や運用について説明する。

**Presenter:** 玉川, 徹 (RIKEN)

Contribution ID: 5

Type: **not specified**

## 超小型 X 線衛星 **NinjaSat** に搭載する **GEM X** 線検出器のモンテカルロシミュレータの開発

*Friday, 17 November 2023 14:40 (25 minutes)*

NinjaSat は 2023 年 11 月に打ち上げ予定の超小型 X 線衛星であり、運用上の高い柔軟性を活かして、従来の大型衛星では難しかった明るい X 線天体の長期観測を実現する。NinjaSat には 2-50 keV に感度をもつ 10 cm 立方サイズの GEM X 線検出器 (Gas Multiplier Counter; GMC) を 2 台搭載する。観測によって得られる天体のスペクトルには検出器の応答が畳み込まれているため、天体本来のスペクトルを求めるには、検出器応答を詳細に知っておく必要がある。GMC の検出器応答を定量的に理解するために、我々は地上較正試験の結果を取り込んだモンテカルロシミュレータを開発している。まず、X 線により検出器内で生じる 2 次電子の 3 次元分布を、Geant4 を用いて再現した。そして (1) ドリフト領域での 2 次電子の電子拡散・輸送、(2) GEM による電子増幅、(3) インダクション領域での電子拡散・輸送について、モンテカルロ法を適用することで電極に到達する電子数および時刻を見積もり、これに (4) アナログ信号処理回路の応答を畳み込むことによって X 線の信号波形を模擬した。本講演では、シミュレータの概要に加えて、高エネルギー加速器研究機構で取得した単色 X 線データとの比較によるシミュレータの評価結果について報告する。

**Presenter:** 武田, 朋志 (理研/東京理科大学)

Contribution ID: 6

Type: **not specified**

## 超小型 X 線衛星 **NinjaSat** に搭載する **GEM X** 線検出器の温度依存性の評価

*Friday, 17 November 2023 15:05 (25 minutes)*

2023 年 11 月に打ち上げ予定の超小型 X 線衛星 NinjaSat に搭載する非撮像型 GEM X 線検出器 (Gas Multiplier Counter; GMC) は XeArDME 混合ガスが封入され、2~50 keV に感度を持つ。GEM は温度変化によりわずかに歪みが生じるため、インダクション領域における電場の大きさが変動し、電荷の収集効率に温度依存性が伴う。我々は打ち上げ前の地上較正試験で、運用温度を含む -10~+27 °C の範囲で電子増幅度を実測した。半径 33.5 mm の GEM に対して、約 2 mm 間隔に測定した 1015 点の X 線照射データから電子増幅度分布を調査した結果、5 °C の温度変化で電子増幅度が最大 1.1 倍になることが明らかとなった。本講演では、GEM の電子増幅度分布を検出器応答に考慮し、宇宙で観測する天体スペクトルがどのように温度依存するか調査した結果を報告する。

**Presenter:** 青山, 有未来 (理化学研究所/東京理科大学)

Contribution ID: 7

Type: **not specified**

## 方向感度を持つ暗黒物質探索実験のための低 BG $\mu$ -PIC 性能評価

*Friday, 17 November 2023 15:30 (25 minutes)*

方向感度をもつ暗黒物質の直接探索実験である NEWAGE は、ガス TPC を用いた反跳原子核の 3 次元飛跡再構成技術を用いて探索を進めてきた。更なる感度向上のため、読み出し検出器表面からの  $\alpha$  線や素材由来のラドン放出量の低減を目的とした低バックグラウンドマイクロパターンガス検出器を開発した。本講演ではこの検出器の性能評価結果並びに地下実験での運用への準備状況について報告する。

**Presenter:** NAMAI, Ryota (Kobe University)



Contribution ID: 8

Type: **not specified**

## Position Sensitive Radiation Detector Based on Glass Gas Electron Multiplier with Pulse Counting System for Beta Ray Imaging

*Friday, 17 November 2023 16:15 (25 minutes)*

Beta-ray imaging is now widely employed for autoradiography of living plants. Developing a cost-effective real-time imaging system for such applications remains challenging, given the requirements of low-energy detection, large sensitive areas, immunity to ambient light, and energy-resolving capabilities. Gas Electron Multiplier detectors (GEMs) show great promise in meeting these needs. In this study, a Glass Gas Electron Multiplier (G-GEM)-based imaging system was developed for beta-ray imaging using photosensitive etchable glass substrate. The system incorporated 2D individual strip-pad electrodes with a 500  $\mu\text{m}$  pitch, along with a multiplexer-based pulse counting system for efficient data collection. The drift gap and induction gap were optimized at 5 mm and 3 mm, respectively. The detector system was operated with an Ar/CH<sub>4</sub> gas mixture at a flow rate of 20 mL/min, a pressure of 0.1 MPa, and at room temperature. The effective gain and energy resolution were characterized based on the 5.9 keV mean peak and escape peak of the <sup>55</sup>Fe energy spectra. The G-GEM achieved an impressive single-stage effective gain of 47,000, and the optimum energy resolutions were around 18% Full Width at Half Maximum (FWHM). Beta-ray imaging demonstration was conducted using metal objects with a <sup>90</sup>Sr beta emitter placed at 216 mm in front of the cathode. The detector demonstrated its capability to accurately reconstruct differences in the shape and thickness of objects. These results highlight the promising potential of the G-GEM as a beta-ray imaging system.

**Presenter:** HAMDAN, Moh (The University of Tokyo)

Contribution ID: 9

Type: **not specified**

## NEWAGE 実験における大型ガス TPC におけるモジュール型検出器の開発と性能評価

*Friday, 17 November 2023 16:40 (25 minutes)*

方向感度を持つ暗黒物質の直接探索実験である NEWAGE では、モジュール搭載型の大型ガス TPC 開発を行っている。この TPC のためのモジュール型検出器を開発し、試験用の小型チェンバーを用いてこの検出器の動作実験ならびに性能評価を行った。本公演では、この結果について報告する。

**Presenter:** OFUJI, Mizuno (神戸大学)

Contribution ID: 10

Type: not specified

## ν無二重ベータ崩壊探索のための高圧キセノンガス TPC：180L プロトタイプ検出器の性能評価と 1000L 検出器の現状

*Saturday, 18 November 2023 09:00 (25 minutes)*

AXEL 実験は高圧キセノンガス TPC を用いた ν無二重ベータ崩壊探索実験である。信号として Electroluminescence (EL) 光を用いることで高いエネルギー分解能を持たせるとともに、セル構造を持ったユニークな読み出し機構 (ELCC) とシンチレーション光検出の組み合わせにより 3D トラック情報を再構成することで、バックグラウンドの排除を行うことが可能な検出器となっている。現在までに 180L プロトタイプ検出器において ELCC12 ユニット、7.6bar キセノン中で測定を行い、1836keV で  $0.73\pm 0.11\%$ (FWHM) の分解能を得ており、これは  $^{136}\text{Xe}$  の  $0\nu\beta\beta$  の Q 値に換算して  $0.60\pm 0.03\%$  に相当する。次の 1000L 検出器に向けては、検出光量を向上する大口径 MPPC の評価、放電を防ぐために diamond like carbon(DLC) を電極に用いた ELCC や、ドリフト電場形成のためのコッククロフト・ウォルトン回路、波長変換剤を用いた効率的なシンチレーション光検出手法の開発等とともに、神岡宇宙素粒子研究施設での実験に向けた準備を進めている。本講演ではこれらの現状について報告する。

**Presenter:** 秋山, 晋一 (東北大学)

Contribution ID: 11

Type: **not specified**

## Status of the $\mu$ PIC-based Neutron Imaging Detector ( $\mu$ NID) at J-PARC

*Saturday, 18 November 2023 09:25 (25 minutes)*

The  $\mu$ PIC-based Neutron Imaging Detector ( $\mu$ NID) is one of the main imaging detectors in use at the energy-resolved neutron imaging instrument RADEN at the J-PARC Materials and Life Science Experiment Facility (MLF). The  $\mu$ NID takes advantage of the pulsed neutron beam of the MLF for accurate determination of neutron energy via time-of-flight to measure the energy-dependent neutron transmission of samples. This allows the extraction of quantitative information on the microscopic structure of the sample, such as crystal structure and strain, internal temperature, or magnetic field information. In this presentation, we will discuss our ongoing development efforts, including studies of  $\mu$ PIC aging under intense neutron irradiation and recent on-beam tests of the triaxial  $\mu$ PIC (for improved rate) and a 5.5 cm x 5.5 cm area, 215 $\mu$ m-pitch  $\mu$ PIC (for improved spatial resolution).

**Presenter:** PARKER, Joseph (CROSS Neutron Science and Technology Center)

Contribution ID: 12

Type: **not specified**

## Current status of LArTPC detector development for the GRAMS Experiment

*Saturday, 18 November 2023 09:50 (25 minutes)*

GRAMS (Gamma-Ray and AntiMatter Survey) is a proposed balloon/satellite mission that will be the first to target both MeV gamma-ray observations and antimatter-based indirect dark matter searches with a LArTPC (Liquid Argon Time Projection Chamber) detector. As a milestone for GRAMS, we have conducted an engineering balloon experiment at JAXA's Taiki aerospace research field. Furthermore, we will conduct verification tests for the particle - antiparticle identification method through the J-PARC T98 experiment and demonstration tests with a prototype LArTPC Compton camera. This talk will give an overview of these experiments, the current status and future plans.

**Presenter:** NAKAJIMA, Riki (Waseda University)

Contribution ID: 13

Type: **not specified**

## GRAMS 実験における反粒子同定に向けた TPC 開発の現状

*Saturday, 18 November 2023 10:40 (25 minutes)*

GRAMS 実験では液体アルゴン TPC(LArTPC) を用いた宇宙反物質の検出を目指している。そのため標的となる反粒子検出手法の確立が必要であり、J-PARC ハドロンホール K1.8BR での反粒子同定実験を予定している。それに向けて現状使用している TPC の Anode の再設計を行なっている。本講演では今まで使用してきた TPC と現在開発している TPC Anode について概要と現状、今後の方針について報告する。

**Presenter:** HIJIKATA, Utano (早稲田大学)

Contribution ID: 14

Type: **not specified**

## J-PARC T98 実験に向けた **LTARS** 搭載信号読み出し基板の特性評価

*Saturday, 18 November 2023 11:05 (25 minutes)*

GRAMS 実験は液体アルゴン TPC を搭載した気球実験であり、宇宙線反粒子探索による暗黒物質間接探索を目標の一つとする。液体アルゴン TPC の反粒子識別原理検証のため J-PARC ハドロンホールにおいて反粒子ビームを用いた T98 実験 Phase2 を計画している。本発表では、LArTPC 用として開発された ASIC LTARS を搭載した信号読み出し基板である TIGArBoard の概要とその特性評価について報告する。

**Presenter:** SHIMIZU, Tiga (早稲田大学)

Contribution ID: 15

Type: **not specified**

## 低質量暗黒物質探索に向けたピクセルガス **TPC** 開発

*Saturday, 18 November 2023 11:30 (25 minutes)*

NEWAGE をはじめとした方向感度を持つ暗黒物質 (WIMP) 探索実験は、ガス TPC を用いてはくちょう座方向に対する原子核反跳の角度を測定することで、ニュートリノフロアと呼ばれる太陽ニュートリノ BG による感度制限を超えた低質量暗黒物質探索を行うことを目指している。一方、低質量暗黒物質由来の信号においては反跳原子核の飛跡が短く、検出器の読み出し粒度より短い飛跡の再構成ができない問題があった。この問題を打開すべく、微細ピッチのピクセル読み出し型ガス TPC の開発を進めている。本講演では、その進捗状況を報告する。

**Presenter:** HIGASHINO, Satoshi (Kobe University)



Contribution ID: 16

Type: **not specified**

## 大強度重イオンビーム照射実験のためのガスアクティブ標的 **CAT-M** の現状

*Saturday, 18 November 2023 13:20 (25 minutes)*

大強度重イオンビームを用いた非弾性散乱や核子移行反応の測定を行うため、ガスアクティブ標的 CAT-M の開発を進めてきた。重イオン照射の際のデルタ線に対する対策が課題であったが、永久磁石を用いた双極磁石の導入によって排除を試みた。本講演では最近の進展について報告する。

**Presenter:** OTA, Shinsuke (RCNP, Osaka University)

Contribution ID: 17

Type: **not specified**

## 次世代 **HypTPC** に向けた新たなガラス **GEM** の開発

我々は J-PARC において, 信号増幅部に Gas Electron Multiplier(GEM) を採用した三次元飛跡検出器 HypTPC の開発を行っており, HypTPC を用いたエキゾチックハドロン探索実験を推進している. 現在の HypTPC では絶縁部がポリイミド (カプトン) である GEM を使用しているが, 放電により炭化して不可逆的に壊れてしまうリスクがある. そこで, 絶縁部に無機素材であるガラスを用いた新たなガラス GEM の開発を計画している. 本講演では HypTPC の概要および新しいガラス GEM の開発について報告する.

**Presenter:** SAITO, Ryuta (Tohoku Univ.)

Contribution ID: 18

Type: **not specified**

## 液体アルゴン **TPC** による宇宙ガンマ線観測

*Saturday, 18 November 2023 14:10 (25 minutes)*

液体アルゴン TPC は、半導体検出器と比較して大きな体積を実現しやすく、ガス TPC と比較して高密度であることから、宇宙ガンマ線を高い効率で検出する事が可能となる。液体アルゴン TPC において、ガンマ線の到来方向決定精度向上のためには、低雑音の 2 次元読み出しが鍵となる。AstroPix は、数百マイクロン角 (200~500 ミクロン) のピクセル型検出器であり、ガンマ線のコンプトン散乱による反跳電子や、対生成による電子・陽電子の飛跡再構成に適度なピクセルサイズと、エネルギー分解能を有する。本講演では、液体アルゴン TPC 宇宙ガンマ線観測装置の概要を紹介し、AstroPix の開発状況、性能について報告する。

**Presenter:** TAJIMA, Hiroyasu (Nagoya University)

Contribution ID: 19

Type: **not specified**

## ガスキセノン検出器による原子核反跳に伴ったミグダル効果観測

*Saturday, 18 November 2023 13:45 (25 minutes)*

原子核反跳に伴い、ミグダル効果と呼ばれる追加の励起や電離を起こす現象が低確率で生じうると考えられている。このミグダル効果観測が暗黒物質探索に応用されれば、エネルギー閾値が下がり感度が向上する。MIRACLUE は中性子ビームを用いてミグダル効果観測を目指しており、昨年 4 月に AIST でガス Xe 検出器を用いたビーム試験を行った。本講演では、使用した Xe 検出器や、ビーム試験の測定結果について報告を行う。

**Presenter:** UCHIYAMA, Takeki (Tohoku University)

Contribution ID: 20

Type: **not specified**

## 大強度 X 線を使用した MEG II 実験 DLC-RPC の劣化試験

*Saturday, 18 November 2023 15:00 (25 minutes)*

MEG II 実験はスイスにあるポール・シェラー研究所で行われている  $\mu \rightarrow e\gamma$  崩壊探索実験である。MEG II 実験では背景事象となるミュオンの輻射崩壊から来る背景ガンマ線を積極的に同定するための検出器をビーム軸上、上流側と下流側の二箇所を導入する。上流側の検出器は大強度かつ低運動量のミュオンビームが通過するため、厳しい開発要請が課せられている。我々は現在、要請を満たすことのできる検出器として Diamond-Like Carbon を高抵抗電極に用いた Resistive Plate Chamber (DLC-RPC) を開発している。2023 年 8 月 - 9 月に KEK Platform-C の X 線発生器を使用した本検出器の劣化試験を実施した。本講演では、その試験の詳細および結果について報告する。

**Presenter:** TAKAHASHI, Masato (Kobe University)

Contribution ID: 21

Type: **not specified**

## MPGD 開発についての海外の状況 - DRD1 発足に向けて

*Saturday, 18 November 2023 15:25 (25 minutes)*

2009 年以降、これまで 15 年にわたって MPGD 開発の国際的コラボレーションとして RD51 が機能してきましたが、2023 年末をもって発展的解消となり、2024 年より MPGD, RPC, ワイヤーチェンバー、ストローチェンバーなどガス検出器のコミュニティをまとめて、DRD1 が発足することになりました。これまでの RD51 の総括と、DRD1 についての紹介を中心に、MPGD 開発の海外動向についてお話ししたいと思います。

**Presenter:** OCHI, Atsuhiko (Kobe University)

Contribution ID: 22

Type: **not specified**

おわりに

*Saturday, 18 November 2023 15:50 (10 minutes)*

Contribution ID: 23

Type: **not specified**

## CF4 ガス発光を用いたアルファ線イメージ分析装置の 感度改善に向けた研究

*Friday, 17 November 2023 17:05 (25 minutes)*

地下における希事象探索実験では、不純物の極めて少ない素材を用いた大型検出器が必要である。素材の極低放射能測定のために、low-alpha  $\mu$ -PIC を用いた Time Projection Chamber に基づいたアルファ線イメージ分析装置 (AICHAM) を開発している。実験グループの枠を超えて、サンプル分析を実施し、並行して感度改善の研究を実施してきた。特に、CF4 ガス発光 (s1, s2) の時間差を使うことで、セルフトリガー式 TPC でありながら、ドリフト位置を決定し、結果として雑音事象を抑制するアイデアを検証してきた。本講演では、最近の AICHAM の進捗について報告する。

**Presenter:** ITO, Hiroshi (Tokyo University of Science)



Contribution ID: 24

Type: **not specified**

## Photos

Contribution ID: 25

Type: **not specified**

**photo**