

## GRAMS

1. 計画タイトル  
Gamma-Ray and AntiMatter Survey (GRAMS) 計画
2. 問い合わせ先  
小高裕和、東京大学、hiroказu.odaka@phys.s.u-tokyo.ac.jp
3. 想定される提案者（計画遂行の責任を担う大学・機関・部局の長等）  
（中型 B なので記入なし）
4. 計画規模  
中型 B
5. マスタープラン 2017, 2020 への採否状況  
提案していない。
6. 実施時期  
準備開始予定：2021 年  
建設開始予定：2024 年  
観測開始予定：2026 年（第 1 回気球フライト）  
観測終了予定：2030 年（第 3 回気球フライト）
7. 必要経費および予算プロファイル  
総予算：930,000 千円（日本負担分: 320,000 千円）  
準備期：100,000 千円（日本負担分: 50,000 千円）  
建設期：500,000 千円（日本負担分: 150,000 千円）  
運用期：330,000 千円（日本負担分: 120,000 千円）
8. 計画の概要

Gamma-Ray and AntiMatter Survey (GRAMS) 計画は、大型の液体アルゴン検出器を気球に搭載し、メガ電子ボルト (MeV) ガンマ線天文学の開拓と反重陽子検出によるダークマター間接検出を同時に目指す日米国際協力実験である。これら 2 つの目的を同一検出器で達成するための技術的基盤が、液体アルゴン time projection chamber (TPC) であり、ガンマ線コンプトンカメラと 3 次元粒子飛跡検出器の役割を担う。液体検出器の採用により、高密度と大容量の両立が可能になり、かつてない大有効面積を低コストで実現する。南極大陸やニュージーランドでの 1 ヶ月以上の長期間の気球フライトを複数回実施する計画である。MeV ガンマ線の観測により、ブラックホール最近傍のプラズマ流や宇宙における核反応の物理が明らかになるであろう。実験装置は観測終了後に回収することで、アップグレードして次のフライトに臨むことができる。

GRAMS のコンセプトの優位性は長い観測時間の確保によりさらに拡大する。2020 年代後半に計画される複数回の気球搭載実験によって科学的成果を創出し、技術的実現性が確立すれば、2030 年代をターゲットとした人工衛星ベースの大型計画への展開が期待できる。

## 9. 学術的意義、当該分野・社会等での位置づけ

ニュートリノや重力波による宇宙の観測が可能となり、天文学は黄金時代を迎えているように思える。しかし、宇宙観測の窓が未だ閉ざされた電磁波のエネルギー帯域が存在する。0.1-10 MeV の中間エネルギーガンマ線帯域である。GRAMS はこの帯域を大面積液体コンプトンカメラという全く新しい概念の検出器で開拓する。

私たちの周りにある物質の基本構成要素である 100 種類余りの元素は宇宙史の中でどのように作られたのか？これは天文学のみならず現代科学の最重要問題のひとつであり、特に、鉄よりも重い元素の起源は未だ謎に包まれている。様々な仮説が提案されているが、これらを唯一、直接検証できるのが、MeV 帯域にある原子核から放出されるラインガンマ線の直接測定である。

さらに、GRAMS は反粒子を介したダークマターのバックグラウンドフリー間接探索も同時に行うことができる。観測的宇宙論の進展によりダークマターの存在自体は疑いないと考えられているが、その正体は完全に不明である。この物理学最大の問題に GRAMS はあらたな角度から迫ることができる。このように GRAMS は 2 つの究極的な目標を掲げ、宇宙・素粒子物理学融合の視点から、世界を構成する「もの」の起源と正体の解明を目指す。

## 10. 実施内容（実施機関・体制（国際協力等を含む）、共同利用体制）

日米国際協力のもと実施する。日本の参加機関は、東京大学、早稲田大学、大阪大学、立教大学、理化学研究所である。米国の参加機関は、コロンビア大学、ノースイースタン大学、バーナードカレッジ、マサチューセッツ工科大学など。日米双方に宇宙物理学・素粒子物理学の実験・理論の専門家を配置したバランスの良い共同研究体制。発案者を含めて日米双方が若手研究者を中心としたチーム構成となっているのが特色である。

## 11. 現在までの準備状況

- ・ニュートリノ実験・ダークマター直接探索実験など素粒子物理学実験で実用化が始まっている液体アルゴン TPC のガンマ線検出器への転用における技術的課題について実測データを用いて検討した。
- ・大容量液体アルゴンコンプトンカメラのコンセプトの鍵となる「多重コンプトン散乱イベントの再構成」を高精度で行う新しい解析アルゴリズムを開発した。
- ・小型プロトタイプ機的设计・建設を開始した。
- ・具体的な観測戦略の立案のため、GeV ガンマ線（Fermi 衛星）および硬 X 線（Swift 衛星）の天体カタログを用いて、MeV 帯域で検出が期待される天体リストの作成を行った。