



(0) 研究分野

分科会: 物理

キーワード: 高エネルギー大気物理学、X線天文学、月の水資源探査、放射線測定、シチズンサイエンス

(1) 研究背景と研究目標

宇宙や地球の極限的な高エネルギー自然現象は、人類未踏のフロンティアである。本チームでは、X線天文学の技術を応用し、自然放射線に関わる最先端研究に挑戦している。そのひとつは雷や雷雲で生じる放射線の研究で、日本海沿岸の冬季雷を対象に多地点観測網を構築し、雷での光核反応など高エネルギー大気物理学という新分野を開拓します。このプロジェクトの理念は共創型サイエンス(Collective Power of Science)。単一の巨大装置ではなく、多数の装置を有機的に結びつけ成果を出す発想です。この言葉には、科学を研究者に閉ざさず、社会との協調のなかで文化として捉えなおしたい想いがあります。この理念をスケラブルな超小型衛星での宇宙観測にも応用します。国際宇宙ステーションで稼働しているX線望遠鏡 NICER や、理化学研究所を中心に開発が進む 6U サイズのキューブサットX線天文台 NinjaSat を推進します。さらに、将来のプロジェクトとして、月表面に衝突する宇宙線が生成する中性子の観測から、月面の水資源の探査や中性子の寿命測定にも挑戦していきます。

(2) 2021年度成果と今後の研究計画

(A) 雷雲と雷の高エネルギー大気物理学の開拓

雷雲から放射されるガンマ線を、全自動で測定する放射線モニタ「コガモ」(Compact Gamma-ray Monitor; CoGaMo) を金沢の市民サポーターに配付し、シチズンサイエンスでの観測を開始できた。放射線と環境センサー(温度、湿度、照度等)のデータは自動で遠隔送信され、サーバー上で自動解析され、雷雲ガンマ線を検出するとツイッター上に配信される仕組みも構築した。これを運用することで、実際に複数の雷雲ガンマ線の自動検出に成功した。また、金沢大学、早稲田大学、放送局との共同研究も開始し、可視光カメラも設置して観測を行った。これまでに測定したデータが論文化でき(Wada et al., PRR 2021, Wada et al., GRL 2021)、粒子シミュレーターも活用した理論モデル構築も進んでいる(Diniz et al., JGR Atmosphere, 2021)。青山学院大学からの研修生がシチズンサイエンスの観測データの解析を修士論文にまとめ、青山学院大学・物理学科の卒研発表会の最優秀賞に選ばれた。観測網を継続、拡大する予定である。

(B) 国際宇宙ステーションの NICER 望遠鏡 と 超小型衛星 NinjaSat によるX線天文学

国際宇宙ステーションで稼働中のX線望遠鏡 NICER と日本国内の電波望遠鏡の連携観測で、かにパルサーで発生する巨大電波パルスに同期したX線の増光を世界で初めて検出した(Enoto et al., Science 2021)。また新たに見つかったマグネターSwift J1555.2-5402の発見論文も世界に先駆けて報告した(Enoto et al., ApJL 2021)。理化学研究所の玉川高エネルギー宇宙物理研究室と6Uサイズのキューブサット衛星 NinjaSat を推進した。観測装置の振動試験や熱真空試験を進めるとともに、宇宙放射線環境の増大を検知してアラートを発出できる荷電粒子モニタ(Radiation Belt Monitor; RBM)のハードウェア開発を完了した。2023年度に打ち上げる。

(C) 中性子を用いた月の水資源探査

月面には絶えず宇宙線が降り注ぎ、月面下での原子核反応で中性子が発生する。この中性子が月面下の水に反応すると、熱中性子として表面から漏れ出してくる。この中性子の検出の測定を目指す検出器 Moon Moisture Targeting Observatory (MoMoTarO) を、理研の中性子ビーム技術開発チームや、立命館大学、聖マリアンナ医科大学ほかと開発を進めた。また、これをガンマ線バースト観測や月周回機で中性子寿命を測定する検討を進めた。次年度も検討する。

(3) 研究室メンバー

(2021年度)

(理研白眉研究チームリーダー)

榎戸輝揚

(研究員)

加藤陽、長岡央

(基礎科学特別研究員)

木邑真理子、川室太希

(特別研究員)

DINIZ Gabriel Sousa

(研究パートタイマー)

鶴見美和、谷口絢太郎

(4) 発表論文等

1. "Enhanced x-ray emission coinciding with giant radio pulses from the Crab Pulsar", T. Enoto, T. Terasawa, S. Kisaka, C.-P. Hu, et al., **Science**, 372, 6538, 187-190 (2021).
2. "A Month of Monitoring the New Magnetar Swift J1555.2-5402 during an X-Ray Outburst", T. Enoto, M. Ng, C.-P. Hu, T. Guver et al., **The Astrophysical Journal Letters**, 920, 1, L4 (2021).
3. "Catalog of gamma-ray glows during four winter seasons in Japan", Y. Wada, T. Matsumoto, T. Enoto, K. Nakazawa, et al., **Physical Review Research**, 3, 4, 043117 (2021).
4. "Generation Possibility of Gamma Ray Glows Induced by Photonuclear Reactions", G. S. Diniz, I. S. Ferreira, Y. Wada, T. Enoto, **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, 126, 3, e34101 (2021).
5. " Meteorological Aspects of Gamma Ray Glows in Winter Thunderstorms", Y. Wada, T. Enoto, M. Kubo, K. Nakazawa, et al., **Geophysical Research Letters**, 48, 7, e91910 (2021).

Supplementary



Group photo of Extreme Natural Phenomena RIKEN Hakubi Research Team

Laboratory Homepage

https://www.riken.jp/research/labs/hakubi/e_extr_nat_phenom/

<http://enotolab.com>