

平成 28 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文： 第 24 太陽活動期における太陽中性子の観測
英文： Observation of solar neutrons in solar cycle 24

研究代表者 名古屋大学 松原豊

参加研究者

名古屋大学 伊藤好孝、増田公明、阿部文雄、塚隆志、濱口佳之、川端哲也、
松林恵理、牧野友耶、鈴木麻末、周啓東、朝倉悠一郎、上野真奈、及川仁土、
菅澤佳世、佐藤雄太、土屋暁、武藤史真、森千尋、山根暢仁、佐藤健太、篠田麻衣子、
森俊文、村木綏

信州大学 宗像一起

中部大学 柴田祥一

研究成果概要

本研究は、太陽表面で時々発生する、フレアと呼ばれる爆発的なエネルギー解放現象に伴う高エネルギー粒子加速機構を、その際に生成される高エネルギー (>100 MeV) 中性子を地上で観測することにより解明することを目的とします。太陽表面で加速されているのは荷電粒子であるイオンなのですが、イオンは惑星間空間磁場により直進できず、地上で観測しても太陽表面での発生時刻はわかりません。加速イオンの一部は太陽大気との相互作用で中性子を生成します。中性子は磁場の影響を受けずに直進するので、中性子を検出することによってイオン加速の様子をイオンそのものの観測よりも正確に知ることができるのです。また、太陽は常時衛星が監視していて、フレア時の X 線や紫外線のデータも得られるので、宇宙空間における粒子加速の研究には最適な天体です。太陽系外から到来する宇宙線のエネルギーは太陽フレアで加速される粒子のエネルギーよりもずっと高いですが、太陽での粒子加速機構を理解することにより、将来的には宇宙線の起源の解明を目指しています。

しかし、中性子は大気中で減衰するため、太陽中性子を検出するためには赤道付近の高山で観測するのが最適で、しかも観測地での昼間しか観測できません。そのため私たちは経度の異なる世界の 7 箇所に太陽中性子検出器を設置し、24 時間体制で太陽中性子の観測を行っています。このような観測網をもってしても、これまでに検出された太陽中性子イベントは 10 例強と稀少です。イベント数は少ないですが、これまでに重要な観測結果も得られています。太陽表面で電子に比べてイオンがより長い時間加速されていることを示唆するイベントが 1 例検出されました。また、太陽表面でのイオン加速は粒子加速理論の中でも効率が悪い加速機構によって行われると解釈できるイベントが数例ありました。そのため、この太陽中性子 24 時間観測網を維持し、より多くの太陽中性子

イベントを検出して、より本質的な理解につなげることが重要です。観測網そのものも 2013 年からメキシコに大型太陽中性子望遠鏡が稼働し、より充実しています。

本共同利用研究は、第 24 太陽活動期において東京大学宇宙線研究所乗鞍観測所内にある太陽中性子望遠鏡を維持することを目的としています（同じ時間に観測される太陽黒点の数は変動し、およそ 11 年の周期で極小から極小に変動し、その 1 周期を 1 太陽活動期と呼んでいます）。乗鞍観測所は 2004 年の冬期（10 月－翌年 6 月末頃）から冬期ごとの閉鎖を開始しました。そのため私たちは 2004 年から、太陽電池パネルや風力発電機から供給される電力とバッテリーとを組み合わせた発電システムを利用して、太陽中性子望遠鏡の運転を行っています。共同利用研究で行っていることは、夏期（7 月－9 月）に検出器のチェックを行うことと、太陽電池パネルや風力発電機の保守を行うことが主な仕事です。また、データ取得システムの中にはパソコンや一部の電子回路用電源のように、夏期の間は観測所の AC100 ボルトから電力を供給できる装置があるので、夏期は電力供給方法を変更しています。今年度も夏期にこの作業を行いました。また、予備のバッテリーもあるので、例年ならば 22 台あるバッテリーの充電を順次行っているのですが、今年度はバッテリーの充電は十分には行えませんでした。一方で幸運にも、平成 28 年 10 月以降の天候は良く、何週間も太陽電池パネルでの発電が途絶えることがなく、例年よりも順調に冬期発電ができています。

観測される太陽中性子の強度は加速イオンの量に対応する一方、軟 X 線の強度は加速電子の量に対応しています。しかしながらこれまでに検出された太陽中性子イベントの詳細な検討から、昨年度の報告書にも書いたように、太陽フレアにおいて中性子が得るエネルギーはフレアの極大時の熱エネルギーの 0.01 % を超えないことがわかっています。そのため私たちは、高度 35,800 km の衛星搭載の軟 X 線 (0.1 nm－0.8 nm) 検出器で 10^{-5} Watts /m² (M クラスと呼ぶ) 以上の強度を観測したフレアについて、太陽中性子観測網での太陽中性子検出の有無を調べています。平成 28 年度は M クラスを超えるフレアが 11 回しか（通常 1 太陽活動期に 1000 回以上）発生しませんでした。そのうち 4 回は乗鞍での太陽中性子観測条件がよい時間帯に発生しました。その時間帯において太陽中性子による中性子計数率の増加を 3 つの異なるエネルギーチャンネルで調べましたが、太陽中性子イベントは検出されませんでした。M クラスを超える太陽フレアの頻度は平成 27 年度と比較すると激減しているのですが、過去の太陽活動期でもこのような時期に突然大規模な太陽フレアが起こったことがあるので、本研究は来年度以降も継続して行います。