

平成 27 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、佐々井義矩、
瀧谷寛樹、松林恵理、牧野友耶、鈴木麻未、周啓東、引持力哉、脇山雄多、奥野友貴、
毛笠莉沙子、木下将臣、朝倉悠一朗、菅澤佳世、及川仁土、土屋暁、山根暢仁、
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、太陽表面での高エネルギー粒子加速機構を解明することを目的とします。太陽表面で起る爆発的なエネルギー解放現象である太陽フレアに伴い、陽子が高エネルギーまで加速されます。本研究ではこの陽子と太陽大気との相互作用で生成される中性子 (>100 MeV) を地上で観測します。中性子は電荷を持たず惑星間磁場の影響を受けずに地球に到達するので、実際に加速されている陽子を観測するよりも、加速時間・エネルギー分布の情報を正確に得ることができると期待されています。一方で、中性子は地球大気中で減衰してしまうので、太陽高度が高いときしか観測できません。名古屋大学を中心とするグループは 1990 年に宇宙線研究所乗鞍観測所で太陽中性子観測を開始したのをきっかけに、2003 年には世界の経度の異なる 7 高山での太陽中性子の 24 時間観測を実現し、継続してきました。

これまで、太陽中性子は 10 例強しか検出されていません。これまでの太陽中性子イベントの解析からわかってきたことは、太陽表面で中性子が電磁放射と同時に生成されたと仮定すると、太陽表面で起こっている陽子の加速はショック加速と呼ばれる高効率の加速ではなく、効率の低い加速機構によるということです。一方、この中性子生成時間の仮定では、中性子のエネルギー分布を説明できないイベントもあります。現在の太陽中性子観測の最大の課題は、太陽表面での中性子の生成時間を仮定することなしに加速効率を決定できるイベントを検出することです。乗鞍は 24 時間観測網の要です。本共同利用研究は、乗鞍観測所が開所する 7 月 9 日に太陽中性子望遠鏡のメンテナンスと、データ取得に必要な自然エネルギー系のメンテナンスを行うものです。

平成 27 年度は、観測所の開所直後から、データ取得がうまくいかない、という問題が起りました。乗鞍観測所の自然エネルギー供給システムは 22 台のバッテリーと太陽電池パネルが電圧コントローラに接続され、コントローラは、バッテリー電圧が基準値を超えた場合にデータ取得システムに電力を供給します。平成 27 年 7 月からの症状は、データ取得システムに電力が供給されても宇宙線の計数値が正確に得られない、という状況でした。症状を見て、データ取得プログラムで用いているドライバーに問題があると判断しましたが、何をやっても全く回復しませんでした。それは、この判断が誤っていたためで、本当の原因は、電圧コントローラからデータ取得システムに電力を供給するケーブルの片側のコネクタの接触不良でした。接触不良が原因であるとわかったのが 9 月中であったので、観測所の閉所前にデータ取得を再開することができました。この間、各検出器の動作確認を行うことはできました。また、例年では 22 台のバッテリーの充電を行っているのですが、データ取得システムの修復に手間取り 12 台しか行えませんでした。冬期前には風力発電機を 1 台設置する予定でしたが、同じ理由で風力発電機は設置できませんでした。しかし、平成 27 年度の冬は太陽電池パネルへの雪の付着が例年と比較して極端に少なかったため、例年よりも冬期の発電状況は良好でした。

これまで太陽中性子の検出は、各検出器で太陽中性子によるものと思われる宇宙線頻度の著しい増加が起った場合に行われました。どのような太陽フレアの場合に中性子が生成されるのか、系統的な研究は行われてきませんでした。そこで、第 24 太陽活動期の極大前後 5 年間分の太陽中性子 24 時間観測網のデータについて、軟 X 線で測った太陽フレアの規模が一定値以上を超えた全フレアと付随した太陽中性子探索を、検出のしきい値も一定にして行いました。その結果、第 24 太陽活動期では太陽中性子は検出されませんでした。太陽中性子が検出されない、ということから放出された中性子の上限値を求めることができるので、過去の太陽中性子イベントも合わせ、太陽中性子の生成量と軟 X 線量の比較を行いました。その結果、太陽フレアで中性子の得るエネルギーは、フレアのピーク時の全熱エネルギーの 0.01 % を超えないことがわかりました。この比較を行ったのは初めてのことで、平成 27 年度に査読付き論文に掲載されました。

本研究は来年度も継続を希望しています。太陽中性子観測網、という点ではメキシコの 4,600m 高山であるシェラネグラ山頂で、既存の太陽中性子望遠鏡と比べて高精度な飛跡検出器が宇宙線ミューオンと太陽中性子の同時観測を平成 26 年に開始して、太陽中性子の観測体制は強化されています。太陽中性子の統計的な解析は平成 27 年度に行ったので、平成 28 年度以降は当初の目的である、仮定なしに中性子のエネルギー分布を測れるイベントを逃さず検出し、太陽高エネルギー粒子加速機構の解明を目指します。