

別紙 4

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Sensitivity studies on the SciBar Cosmic Ray Telescope (SciCRT) at full performance for ground-based observations of solar neutrons (地上での超高感度太陽中性子望遠鏡の実現)

氏 名 佐々井 義矩

論 文 内 容 の 要 旨

太陽は、我々に最も身近な宇宙線源であり、宇宙線の直接検出が可能な天体である。太陽フレアによって、陽子や原子核といったイオンを GeV のエネルギー領域まで加速できると考えられている。そこで加速されたイオンと太陽表面プラズマとの相互作用から太陽中性子が生成され、それを観測することで、これまでイオン加速機構の研究が行われてきた。太陽中性子が地球の大気に入射すると、大気の影響で減衰するが、十分高エネルギー (>100 MeV) であれば、高地で検出可能である。地上では、中性子モニターと太陽中性子望遠鏡によって、これまで約 10 個の太陽中性子イベントが検出された。太陽中性子望遠鏡は、高エネルギーの中性子をそのまま荷電粒子に反跳させて、その信号を捕える。それゆえ、太陽中性子望遠鏡は入射した中性子のエネルギーを測ることができ、4つのエネルギー閾値に対応するカウント数をそれぞれ記録している。しかし、これまでの観測では、十分な統計が得られず、その能力は十分に発揮されなかった。

SciBar Cosmic Ray Telescope (SciCRT) は、メキシコ・シエラネグラ山 (4600 m) に設置された、新型太陽中性子望遠鏡である。元々、加速器ニュートリノ実験用に開発された SciBar 検出器を、宇宙線望遠鏡として転用している。SciCRT は、全体が 1つの全感知型の飛跡検出器である。すなわち、これまでの太陽中性子望遠鏡と同様にカウント値 (Neutron scaler data) が得られるだけでなく、1粒子ごとの飛跡を捕え、そのエネルギー損失を記録できる (Neutron ADC data)。SciCRT は、2013年の4月にシエラネグラ山に輸送され、その年の9月から定常運転を開始した。

高山では、地上 0 m に比べて、環境中性子が非常に多く (1 MeV 以上の中性子フラックスは約 30 倍)、太陽中性子観測において最も大きなバックグラウンドとなる。検出器に取り込んだ後、それら環境中性子成分から太陽中性子成分を抜き出すためには、これらバックグラウンド成分の理解が必須となる。しかし、SciCRT の中性子取得時のトリガーレートは、大きな不感時間で制限されている。この不感時間は、もともと加速器実験用に開発されたバックエンドボード (BEB) と VME bus の組み合わせが原因である。

そこで、私は高速読み出し可能で、かつ高山での観測に信頼性の高い、新しい BEB の開発を行った。旧 BEB の VME bus によるデータ転送を、新たに SiTCP を使用した、Ethernet によるネットワーク転送方式に置き換えた。新 BEB は十分低ノイズであり、Neutron ADC data の最大の読み出し速度は、これまでのシステムの 10 倍となり、期待されたパフォーマンスを達成することができた。2015 年の 7 月に新データ収集システムをシエラネグラ山に設置された SciCRT のミューオン・アンチ層と中性子検出部の 1/8 に導入した。

この新データ収集システムの性能評価に基づき、SciCRT のパフォーマンスをモンテカルロシミュレーションで評価した。新データ収集システムが中性子検出部の 4/8 に設置された場合を想定し、これまでに地上で観測された最も有意な 2005 年 9 月 7 日の太陽中性子イベントをシミュレーションにより模擬した。Neutron scaler data は、実際に検出されたメキシコの太陽中性子望遠鏡のデータと比較すると、その有意性は 3.6 倍となり、地上の太陽中性子望遠鏡としては、世界最高感度を達成できることが示された。さらに、Neutron ADC data によって詳細な中性子のエネルギースペクトルを求めることができ、太陽中性子のべきの決定精度は 0.1 であることが示された。