別紙１－１

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※　甲　第　号

氏　　名　永井　雄也

論　文　題　目

Observation of cosmic rays by the new solar neutron telescope, SciCRT

新型太陽中性子望遠鏡（SciCRT）を用いた宇宙線観測

論文審査担当者

主査　名古屋大学太陽地球環境研究所　准教授　理学博士　松原　豊
委員　名古屋大学太陽地球環境研究所　教授　博士(理学)　伊藤　好孝
委員　名古屋大学太陽地球環境研究所　教授　理学博士　田島　宏康
委員　名古屋大学大学院理学研究科　教授　博士(理学)　清水　裕彦

別紙１－２

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者は高エネルギーイオンの加速機構を解明するために太陽中性子（>100MeV）を用いて太陽フレアを観測している。加速された陽子やイオンは、太陽表面および惑星間の磁場の影響を受けるので、加速粒子と太陽大気との相互作用で生成される中性子を観測することで、磁場の影響を受けない情報を得るようにしている。しかし、中性子は質量を持ち、エネルギーによって太陽－地球間の飛行時間が異なるため、中性子のエネルギーを測る必要がある。これまでの地上での太陽中性子観測装置は検出感度が低くて 10 例程度しか太陽中性子を検出できなかった上、エネルギー分解能が不十分で、太陽中性子のエネルギースペクトルを求めるためには太陽表面での中性子の生成時間を仮定する必要があり、太陽粒子加速機構の解明には不十分であった。

そこで申請者は、より多くの中性子イベントをとらえ、より深く粒子加速の議論をするために既存の検出器よりも高い検出効率、エネルギー分解能、粒子弁別性能を持つ中性子望遠鏡の開発を行った。SciCRT (SciBar Cosmic Ray Telescope) と呼ばれる新型太陽中性子望遠鏡は、ニュートリノ検出器である SciBar を宇宙線望遠鏡に転用したもので、メキシコの 4,600m 高山シェラネグラに設置した。長さ 3m のプラスチックシンチレータバー約 15,000 本を井桁状に組んであり、装置内で中性子によって作られる反跳陽子を検出することで粒子を弁別し観測を行う。15.3m^3 の体積は標準的な既存の中性子望遠鏡の約 10 倍である。また、エネルギー損失をデジタル値に変換し直接読むという点がこれまでと大きく異なり、粒子の飛跡をリアルタイム捉えることができるアクティブトラッカーである。申請者はモンテカルロ計算を用いて、最適なトリガー条件を求め、閾値とアンチ信号のロジックを決定した。その条件下で、これまでの太陽中性子望遠鏡の 1.9 倍の感度を有することを示した。

SciCRT の観測に先立ち、申請者は小型試作機を製作し、名古屋とシェラネグラ山頂でキャリブレーションと宇宙線観測を行った。これらの実験によって得られたデータはモンテカルロ計算に反映した。また山頂に持っていく前に SciBar 検出器をメキシコの標高 2,150m にある研究所(INAOE)に輸送し、宇宙線観測を行った。中性子観測の際にはアンチとして用いる最上下の 4 層のバーの同時計数を調べ、409.3(±0.1)Hz となり、モンテカルロ計算の結果(385.2(±4.8)Hz)と近い値になった。また多数のシンチレータバーに信号があったものをシャワーイベントとして選び出し、軌跡の形状により電磁由来のものとハドロン由来のものを分別した。それぞれの割合は 0.15(±0.02)%,0.16(±0.02)% となった。モンテカルロ計算の結果は 0.16(±0.03)%,0.18(±0.02)%となり、よく一致し、太陽中性子に対する応答が計算通りに期待できることが示された。そして最後に、中性子の太陽表面での生成時間を仮定せずにエネルギースペクトルのべきを決めることができるかどうか調べた結果、決定精度は 0.2 以下であり、太陽表面での粒子加速の効率を調べる上で十分であることを示した。SciCRT は 2013 年 4 月にシェラネグラ山頂に輸送され、山頂での宇宙線データ取得に成功し、今後の太陽中性子検出が期待される。

本研究により、高精度アクティブトラッカーによる 4,600m 高山での宇宙線観測が世界で初めて実現した。また、この検出器で太陽表面での粒子加速機構を放射時間の仮定なしに議論できる可能性を示した。加速器実験用の高精度粒子検出器を宇宙線観測に用い、太陽高エネルギー粒子加速機構解明を解明できることを具体的に示した点は、博士論文として重要な成果である。主論文の要点からなる副論文も受理済みである。したがって申請者は博士（理学）の学位を授与される十分な資格があると認められる。