

## 平成23年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：宇宙線望遠鏡実験による低エネルギー領域における宇宙線原子核組成の研究

英文：Study on cosmic ray mass composition in the low energy region

研究代表者 常定 芳基（東京工業大学 大学院理工学研究科 助教）

参加研究者 垣本 史雄（東京工業大学 大学院理工学研究科 教授）、得能 久生（東京工業大学 大学院理工学研究科 特任助教）、北村 星爾（東京工業大学 大学院理工学研究科 M1）、荻尾 彰一（大阪市立大学 理学研究科 准教授）、藤井 俊博（大阪市立大学 理学研究科 D2）、佐川 宏行（東京大学 宇宙線研究所 准教授）、野中 敏幸（東京大学 宇宙線研究所 助教）、多米田 裕一郎（東京大学 宇宙線研究所 研究員）、池田 大輔（東京大学 宇宙線研究所 研究員）

### 研究成果概要

宇宙線の起源解明において宇宙線の原子核組成が重要なことは論を待たないが、近年特に注目されているのがエネルギー $10^{17}\sim 10^{18}\text{eV}$ の領域における組成であり、地表や高山に設置された空気シャワーアレイによる $10^{15}\sim 10^{17}\text{eV}$ の領域、いわゆる Knee 領域における原子核組成は、エネルギーが上がるにつれ重い原子核成分が多くなることが示唆されている。いっぽう、大気蛍光望遠鏡による $10^{18}\text{eV}$ 以上の領域では陽子が主成分であるとされ、この2つを結ぶ $10^{17}\sim 10^{18}\text{eV}$ の領域では劇的な宇宙線組成の変化があるのではないかと考えられている。ただしこのエネルギー領域の宇宙線は技術的に観測と解析が難しかった。

宇宙線望遠鏡実験( Telescope Array, TA)では、平成22年度より大気蛍光望遠鏡(FD)と地表検出器アレイ(SD)の連動トリガリングシステム・ハイブリッドトリガーを導入した。FDとSDは空気シャワーイベントに対するトリガー効率に差があり、特にSDは低エネルギー側のトリガー効率が低い。また低エネルギーイベントの場合、FD単独でのトリガーとデータ収集は可能であっても、信号が微弱で解析が難しい場合が多い。ただし空気シャワーモンテカルロシミュレーションによると、低エネルギーのFDイベントにおいても、SD1台分のタイミング情報（空気シャワーが地表に到達した時刻）さえあれば、高精度でのシャワー再構成（到来方向決定）が可能であることが示されている。すなわち、SD1台でしか粒子しか検出されないような低エネルギーイベントではSD単独トリガーはできないが、FDでトリガーされていれば、FD+SD1台のデータならばよい精度で解析できる（到来方向決定精度 $1^\circ$ 程度）。これを可能にするのがハイブリッドトリガーであり、FDでシャワーを検出すると、SDに対してトリガー命令を出し（SDから見れば外部トリガー入力を備えた）、SD1台以上のデータを収集するシステムである。平成23年度研究では、ハイブリッドトリガーシステムを使用しての長期間観測、

FD+SD のシミュレーション・データ解析コードの改良を行った。システムの動作はきわめて安定しており、1年を通じて設計通りに動作し、得られたデータもモンテカルロによる期待値通りである。これまで TA においては SD 単独、および FD によるエネルギースペクトルが公表されているが、このハイブリッドトリガーシステムによって低エネルギー側に拡張されたエネルギースペクトルも得られており、高エネルギー側では従来の結果と一致し、低エネルギー側の解析も進んでいる（未公表）。また低エネルギーにおける宇宙線核組成の解析も進んでおり、FD の特性（観測視野やエネルギーごとのトリガー効率）を考慮した観測イベントの核種推定とエネルギーごとの組成に関する知見が得られつつある。ただし結果は準備中であって平成23年度内での公表は見送った。

東大宇宙線研より執行された本研究の予算は、グループ内でのミーティングのための旅費、および物品（データ保存用ハードディスク等）に使用した。

整理番号 G17