

平成 20 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超高エネルギー宇宙線の組成研究
英文：Composition Study with the Telescope Array Data

研究代表者 常定 芳基（東京工業大学 助教）
参加研究者 垣本 史雄（東京工業大学 教授）、多米田 裕一郎（同 D3）、福田 崇徳（同 M2）、林 健太郎（同 M2）、萩尾 彰一（大阪市立大学 準教授）、得能 久生（東京大学宇宙線研究所 研究員）

研究成果概要

宇宙線の起源解明のためには、宇宙線の原子核種とその組成の決定が欠かせない。ただし高エネルギー宇宙線の観測は、一次宇宙線の直接検出ではなく大気中で発生したシャワーを検出することに夜間接測定であるため常に困難がともなう。空気シャワー観測によって宇宙線原子核種を決定するためには、シャワーの大気中での縦方向の発達の様相を調べることが有効である。すなわち、鉄などの重い原子核によって発生した空気シャワーは、同じエネルギーの陽子などの軽い原子核によって発生したそれに比べ、大気原子核との相互作用断面積が大きいこと、核子あたりのエネルギーが小さいことなどの理由により、発達が早くまた減衰も早い。米国ユタ州で行われている宇宙線望遠鏡実験(TA)では、視野角 1 度を持たせた 3 0 0 0 本の光電子増倍管で夜空を観測することによって、空気シャワーの縦方向発達が直接測定でき、他の空気シャワー検出法（地表検出器アレイなど）に比べて原子核種の判別に有利である。本研究は、計算機シミュレーション及び TA のデータを用いて、エネルギー $E=10^{18}\text{eV}$ 以上の最高エネルギー領域宇宙線の原子核組成を決定することを目的としている。また本年度の研究は、平成 18 年度共同利用研究「宇宙線望遠鏡実験大気蛍光望遠鏡のデータ収集系の開発」および平成 19 年度研究「宇宙線望遠鏡実験における実時間データ解析システムの開発」の延長線上にある。

今年度の研究では、まず空気シャワーの計算機シミュレーションのデータを用い、シャワー縦方向発達から一次原子核種を判別する方法を模索した。シャワーの縦方向発達を、大気の深さ X とシャワー粒子数 N の関係で表すと、 $N(X)$ は始め X とともに増大し、ある深さ $X=X_{\text{max}}$ で最大発達 $N(X_{\text{max}}) = N_{\text{max}}$ を迎え、その後減衰するという山形の発達曲線となる。そこで、一次粒子が陽子(p)、ヘリウム(He)、酸素(O)、鉄(Fe)の原子

核である空気シャワーを多数シミュレーションで生成し、 X_{max} , N_{max} などのシャワーパラメータの原子核種依存性、およびそれらから一次核種を判別する可能性について調べた。下図はエネルギー $E=10^{19}\text{eV}$ の陽子および鉄原子核によって発生したシャワーの X_{max} と N_{max} の分布である。特に X_{max} は、一次原子核種による違いが大きく、重い原子核ほど小さくなる（発達が早くなる）。これらを用いて一次粒子の判別テストをしたときの例が一番下の図である。これは 100%が陽子のシャワーを 500 イベント発生させ、正しく陽子(p)と判別されたもの、または間違つて(He, O, Fe)と判別されたものの比率を表し、50%以上のイベントについては正しい判別が可能であることがわかる。このような手法を用い、現在は TA の実観測データ、特に宇宙線望遠鏡の観測ステーション 2 台以上で同時に検出されたシャワーイベント（ステレオイベント）を用いたデータ解析を進めている。これまでに 2007 年 11 月から 2008 年 12 月までのデータ解析が完了している。

