

【特別推進研究】

理工系（数物系科学）



研究課題名 最高エネルギー宇宙線で探る宇宙極高現象

東京大学・宇宙線研究所・教授

ふくしま まさき
福島 正己

研究分野： 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード： 宇宙線（実験）

【研究の背景・目的】

山梨県にある宇宙線研・明野観測所に設置した AGASA 空気シャワーアレイで、2003 年までの 13 年間に 10 の 20 乗電子ボルトを超える宇宙線 11 例を観測した。このような極高エネルギーの宇宙線は、宇宙空間を満たしている背景放射（ビッグバンの名残り）と衝突してエネルギーを失うため、ほぼ 1.5 億光年以内の近傍に発生源があると考えられている。発生源の数が限られる為、予想される観測数は 3-4 例であった。また、これらの宇宙線には、ある方向からまとまって到来する傾向が見られたが、その方向には発生源らしい特別な天体は見当たらなかった。

高エネルギーの宇宙線が地球に到来すると、大気の上層で、窒素や酸素の原子核と衝突し、核を破碎して数千の新しい粒子を発生する。これらの粒子は、さらに衝突と反応を繰り返して鼠算式に増殖し、最高エネルギー領域では、1 兆個を超える粒子の束となって地表に降り注ぐ（直径~10km）。これを宇宙線の空気シャワーと呼ぶが、エネルギーの高いものは極めて稀で、山手線の内側の領域（~100km²）に 1 年に 1 例が落下するくらいの頻度である。

【研究の方法】

空気シャワーの観測方法には、大きく分けて 2 通りある。第 1 は空気シャワーアレイと呼ばれ、地表に点々と粒子検出器を置いて、検出した粒子の総数から宇宙線のエネルギーを決める。宇宙線の方向は粒子の到来時間差から決める。広い領域を安定して観測できる点が強みであるが、粒子の総数から宇宙線のエネルギーを決める時に、詳細が良く判っていない大量の計算を必要とするのが問題である。

第 2 は大気蛍光望遠鏡と呼ばれ、空気シャワーの大気中での紫外発光を撮像する。この発光は極めて微小なので、大口径の反射鏡で光を集め、カメラには感度の高い光電子増倍管を使う。観測は、晴れて大気が透明な闇夜に限られる。観測される光の量がエネルギーに比例するので、計算によらずにエネルギーを決められるのが強みであるが、望遠鏡感度の絶対較正や大気透明度の補正が難しい課題である。

AGASA（地表アレイ）の観測結果は、HiRes（大気蛍光望遠鏡）で確認されなかった。そこで、AGASA の測定領域を一桁大きくし、望遠鏡も同じ場所に建設して、同時観測で結果を確認するのが、テレスコープアレイ（TA）実験である。アレイは 1.2km 間隔で 507 台の検出器（写真）を設置して、680km² の領

域をカバーした。また 38 台の望遠鏡を 3ヶ所にまとめて配置（写真）し、アレイ上空を監視している。

【期待される成果と意義】

TA は日本（特定領域科研費）と米国（国立科学財団）の予算で建設し、平成 20 年 3 月から米国ユタ州で観測を始めた。現在は韓国とロシアが加わり、



4 カ国の国際共同で研究を進めている。本特別推進研究の期間内に、最高エネルギー領域で、宇宙線の到来頻度と発生源を確定し、発生源と想定される高エネルギー天体の研究を進める。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

1. M.Nagano, M.Teshima, M.Takeda (AGASA collaboration), "Extension of the Cosmic-Ray Energy Spectrum beyond the Predicted Greisen-Zatsepin-Kuz'min Cutoff", Phys. Rev. Lett. **81**(1998) 1164- 1166.
2. M.Fukushima, F.Kakimoto, S.Ogio, H.Sagawa (Telescope Array collaboration), "Measurement of Ultra-high Energy Cosmic Rays by Telescope Array (TA)", JPSJ **78** (2009) Suppl.A 108-113

【研究期間と研究経費】

平成 21 年度 - 25 年度
499,300 千円

ホームページ等

<http://taws100.icrr.u-tokyo.ac.jp/>