

【基盤研究(S)】 大区分B



研究課題名 最高エネルギーガンマ線天文学の新展開

東京大学・宇宙線研究所・教授
たきた まさと
瀧田 正人

研究課題番号： 20H05640 研究者番号：20202161

キーワード： 宇宙線、ガンマ線、ミュオン粒子、空気シャワー、チェレンコフ光、ポリビア

【研究の背景・目的】

宇宙からは陽子や原子核を主成分とする高エネルギー粒子「宇宙線」が飛来している。宇宙線は、銀河系内の天体で 10^{15} eV (千兆電子ボルト=ペタ電子ボルト、1 PeV) 以上のエネルギーに加速されると考えられている。その起源として超新星残骸・パルサー・ブラックホールなど様々な候補天体が挙げられているが、いまだにその発生源は不明である。PeV は地上に建設された最高エネルギー加速器 Large Hadron Collider (欧州) の加速上限 7TeV を 100 倍以上も上回るエネルギーである。宇宙線の加速には地上の実験室では実現できない極限的な電磁場や重力場が関係しているはずであり、

「どのような天体がどのようなメカニズムで粒子を加速しているのか？」
「宇宙の極限環境では何が起きているのか？」

が本研究課題の核心をなす問いである。本研究では、南米ポリビアのアンデス山脈高地(標高 4700 m) に新しい宇宙線観測装置を建設し、最高エネルギー (sub-PeV 領域: 10^{14} eV - 10^{15} eV) ガンマ線観測による銀河宇宙線加速天体の発見を目指す。「どのような天体」の問いに答え、さらに、そのエネルギースペクトルを明らかにすることで、個々の天体で生起する極限現象の解明につなげる。

【研究の方法】

南米ポリビア共和国のチャカルタヤ宇宙線観測所の近くに、新しい宇宙線空気シャワー観測装置を建設して、天体からの最高エネルギー (sub-PeV 領域) ガンマ線を探索する。

本研究のアイディアの全体像を図 1 に示す。高エネルギー荷電宇宙線やガンマ線が地球大気中で高エネルギー反応を繰り返して生成する粒子群「空気シャワー」を検出し、入射粒子のエネルギーと到来方向を決定できる。しかし、地上のシンチレーション検出器だけでは、圧倒的な到来頻度を持つ荷電宇宙線空気シャワーが雑音になって、天体からのガンマ線を有意に検出できない。ミュオン粒子はハドロン反応を繰り返す荷電宇宙線空気シャワー中には大量に含まれるが、電磁相互作用で発達するガンマ線空気シャワーにはほとんど含まれない。これによって、雑音となる荷電宇宙線空気シャワー事象を除去し、天体からの微弱なガンマ線事象を検出する。

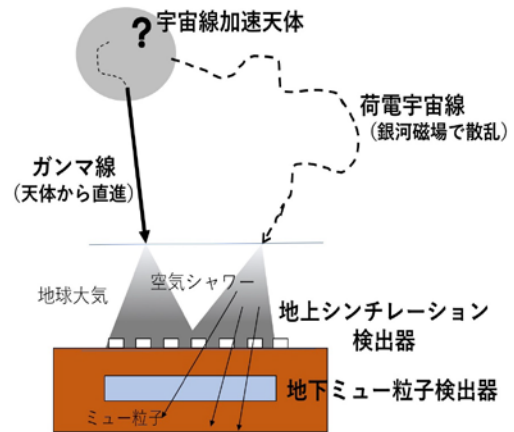


図 1 本研究の全体像。地上シンチレーション検出器が空気シャワーの方向とエネルギーを決定し、地下ミュオン粒子検出器が荷電宇宙線雑音を排除する。

【期待される成果と意義】

本研究は南半球初の sub-PeV ガンマ線放射天体発見に十分な感度を持った実験である。南半球からは銀河系中心や多くの超新星残骸など、重要な宇宙線加速候補天体が観測可能であり、世界で初めて、1912 年の宇宙線発見以来の謎である宇宙線加速天体を明らかにすることに飛躍的な貢献をすることが期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ M. Amenomori, ... M. Takita, ..., et al., "First Detection of Photons with Energy beyond 100 TeV from an Astrophysical Source", Physical Review Letters, 123, 051101-1-6, (2019)
- ・ T.K. Sako, ..., M. Takita, ... et al., "Exploration of a 100 TeV gamma-ray northern sky using the Tibet air-shower array combined with an underground water-Cherenkov muon-detector array", Astroparticle Physics, 32, 177-184, (2008).

【研究期間と研究経費】

令和 2 年度 - 6 年度 152,300 千円

【ホームページ等】

<https://www.alpaca-experiment.org/>