

最高エネルギーガンマ線観測で紐解く宇宙粒子加速器PeVatronの謎



研究代表者	東京大学・宇宙線研究所・教授 瀧田 正人（たきた まさと）	研究者番号:20202161
研究課題 情報	課題番号：22H04912 キーワード：宇宙線、宇宙ガンマ線、空気シャワー、ミュー粒子	研究期間：2022年度～2026年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

南半球にあるボリビアのアンデス高原に大型空気シャワー観測装置と地下ミュー粒子検出器を設置し、南天においてこれまでにない最高エネルギー（100兆から1000兆電子ボルト）領域の宇宙ガンマ線をういた天文学を開拓する（図1参照）。そして宇宙線（主として陽子）発見以来100年以上続く謎である、銀河系内で宇宙線をPeV（ペタ電子ボルト＝1000兆電子ボルト）領域まで加速している天体PeVatronの解明を目指す。

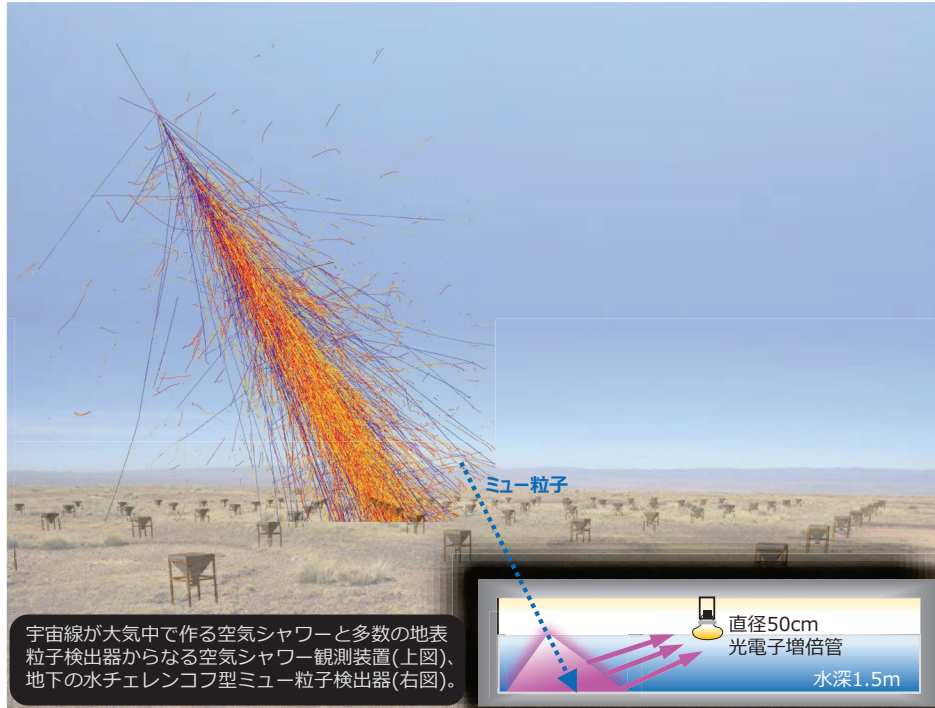


図1 本計画のイメージ

●宇宙ガンマ線の観測の重要性

銀河系内に存在する謎の宇宙粒子加速器PeVatronは宇宙線をPeVエネルギー領域まで加速する。電荷を持つ宇宙線は銀河磁場によって曲げられてしまい、源の方向情報を失う。しかし、宇宙線がPeVatronの近傍の星間物質（主として水素）と衝突して生成される最高エネルギー領域ガンマ線は直進する。従って、通常の可視光の100兆から1000兆倍のエネルギーを持つ最高エネルギー領域の宇宙ガンマ線観測がPeVatron発見の鍵となる。

●南天での新エネルギー領域の天文学の開拓

大面積の空気シャワー観測装置と地下に設置する水チェレンコフ型ミュー粒子検出器を連動させることにより(Large-ALPACA実験)、空気シャワー中のミュー粒子の数を精度よく測定し、最高エネルギー領域のガンマ線検出感度を飛躍的に向上させる。ガンマ線起源の空気シャワーに含まれるミュー粒子の数が宇宙線起源の空気シャワーに比べて圧倒的に少ないことを利用して、雑音となる宇宙線を除去する。これにより、未開拓の南天で最高エネルギー領域の宇宙ガンマ線を世界最高感度（図2参照）で広視野連続観測し、銀河系内で生成される宇宙線エネルギー限界とその発生源PeVatronを特定することを目指す。

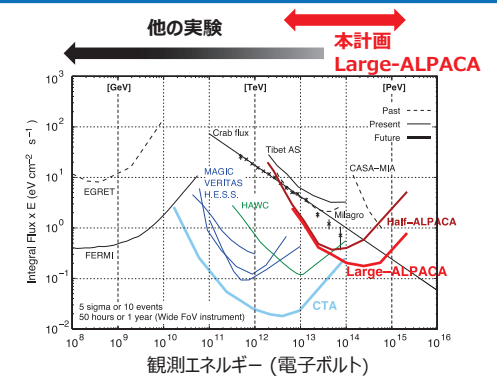


図2 世界の宇宙ガンマ線観測実験の観測エネルギー（横軸）と観測可能なガンマ線強度（縦軸）。縦軸の値が小さいほど高感度。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●最高エネルギーガンマ線天文学の開拓

本計画により、南天における最高エネルギー領域ガンマ線天文学の開拓を行う。南天において、最高エネルギーガンマ線放射天体を世界最高感度で探索する。図3に示すように数十個程度の最高エネルギー放射線天体が観測されることが予想される。

●宇宙線の発生源はどこか？

本計画により発見予定の多数の最高エネルギー領域ガンマ線放射天体から宇宙線の発生源を特定する。例えば、図4に示すように南天にある銀河系中心は宇宙線の発生源の有力な候補に挙げられており、北半球からは観測することが困難である。ここで生まれたPeV領域の宇宙線（主として陽子： p ）は、周辺の物質と衝突して、多数の中性パイ中間子（ π^0 ）を発生させ、銀河系中心近傍から最高エネルギー領域ガンマ線（ γ ）を放射していると予想される。本計画は世界で初めて銀河系中心近傍からの最高エネルギー領域ガンマ線を検出し、宇宙線の発生源を特定することを目指す。その他、超新星残骸、バルサー星雲、活動銀河核、ダークマターなどからの最高エネルギー領域ガンマ線観測に挑戦する。

Credit : Abdalla et al., A&A 612, A1 (2018)

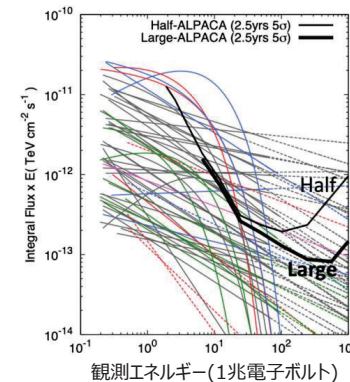


図3 H.E.S.S.実験で観測された低エネルギーガンマ線放射天体の強度（色付細実線）を最高エネルギー領域まで伸ばした（点線）。黒太実線(Large)が本計画の感度で、これより上にある数十個の天体が観測されることが予想される。

Credit : Abramowski et al., Nature 531, 476 (2016)

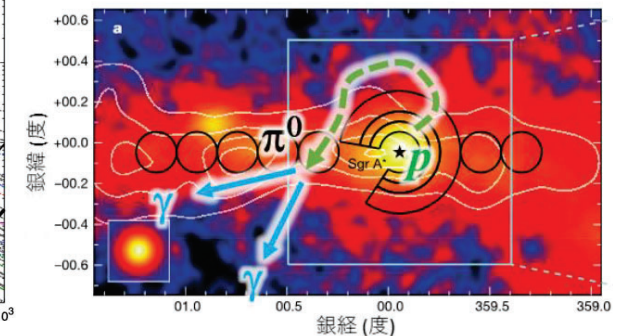


図4 H.E.S.S.実験で観測された銀河系中心からの低エネルギーのガンマ線分布(赤色)を銀河座標であらわす。

