

## 2020 (令和二) 年度 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：ボリビア・チャカルタヤ山宇宙線観測所における高エネルギー宇宙線異方性の研究

英文：Study of high-energy cosmic-ray anisotropy at the Chacaltaya Cosmic Ray Observatory

研究代表者 佐古崇志(東京大学)

参加研究者 瀧田正人(東京大学)

塔隆志(東京大学)

大西宗博(東京大学)

川田和正(東京大学)

中村佳昭(Institute of high energy physics, China)

宗像一起(信州大学)

### 研究成果概要

2020 年度はチャカルタヤ山にプラスチックシンチレーション検出器 97 台からなる有効面積およそ 18,000 m<sup>2</sup> の ALPAQUITA 空気シャワーアレイを建設する予定であったが、新型コロナウイルスの影響により建設作業を予定通りに進めることができず、データ取得を開始できなかつた。現時点では 20 台の検出器が設置されており、2021 年度には残りの 77 台を設置し、DAQ システムの構築を行い、データ取得を開始する予定である。さらに、空気シャワーアレイの超高エネルギー宇宙ガンマ線に対する感度を飛躍的に向上させる目的で、空気シャワーアレイの地下に水チェレンコフ型ミューオン検出器を建設する予定である。

本研究課題では、電磁流体力学(MHD)シミュレーションにより導出された太陽圏磁場中で宇宙線粒子の軌道計算を行い、その結果をチベット空気シャワーアレイの 2000-2009 年にわたる宇宙線観測データに適用することで、太陽圏の外部境界における宇宙線異方性の様相と太陽圏磁場が異方性に与える変調の効果を調べている。

昨年度終了時点で、次の 3 つの問題点を認識していた：

- 1) 宇宙線粒子の軌道計算は、太陽圏磁場の影響が無視できる遠方まで行う必要があるため、MHD シミュレーションを改良し、特に太陽圏尾部方向については太陽から 900 AU 以遠の領域まで磁場データを作らなければならない。
- 2) 太陽圏磁場データを観測に正しく適用できるようにするためには、2000-2009 年の各年での太陽圏磁場のスナップショットを作り、それらの各々について宇宙線粒子の軌道計算を行って結果を平均しなければならない。
- 3) 宇宙線の組成及びスペクトルを軌道計算に反映させなければならない。

本年度の研究では、1) を大幅に改善し、3) を克服した。

1) については、先行研究(Zhang et al., ApJ, 889, 97 (2020))で使われた MHD シミュレーションに基づく太陽圏磁場モデルのデータを Pogolerov 氏から提供していただいた。この磁場モデルでは、特に太陽圏尾部方向には 10 kAU まで磁場データがあり、昨年度まで使用していた 900 AU までのモデルと比べると大幅に磁場データの領域を拡大することができた。

3) については、昨年度までは 5 TeV の単色エネルギーの陽子を用いて軌道計算を行っていたが、本年度はモンテカルロシミュレーションを用いてチベット空気シャワーアレイで観測される宇宙線の組成・エネルギー分布を導出し、その結果を宇宙線粒子の軌道計算に組み込むことができた。

これらの改良を加えた宇宙線粒子の軌道計算結果をチベット実験のデータ(2000-2009年)に適用した。その結果、太陽圏外部境界での宇宙線強度分布には 15 度から 30 度程度の構造が見られた。しかし、太陽から 900 AU での強度分布にはそれらの構造は見られておらず、現在この原因を調査しているところである。

本年度は上記 2) の問題に取り組み、実験データに適用する磁場モデルをより適切なものに改善していく予定である。また、本年度に建設およびデータ取得開始予定の ALPAQUITA 空気シャワーアレイの初期データ解析を行い、南天での TeV 領域宇宙線異方性の初観測に挑む予定である。

[本研究課題に関する国内外の口頭発表。開催予定のものを含む]

- 1) チベット実験で観測された宇宙線異方性の太陽圏磁場による変調(2)  
2020 年 9 月、物理学会(オンライン)
- 2) チベット高原での高エネルギー宇宙線の研究  
2021 年 2 月、東京大学宇宙線研究所共同利用成果発表会(オンライン)
- 3) TeV 領域宇宙線異方性の太陽圏磁場による変調  
2021 年 2 月、名古屋大学 ISEE 研究集会(オンライン)
- 4) Modeling of the TeV cosmic-ray anisotropy based on intensity mapping in an MHD-simulated heliosphere  
2021 年 7 月、ICRC 2021 (オンライン)

整理番号 F33