

令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：ポリビア・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) 塚隆志(東京大学) 大西宗博(東京大学) 川田和正(東京大学) 宗像一起(信州大学)
研究成果概要	<p>ALPAQUITA 空気シャワーアレイ(プラスチックシンチレーション検出器 97 台、有効面積 18,000 m²)は、2023 年 4 月から観測を開始し、6 月には全検出器のゲイン・タイミングの較正を実施した。約 250 Hz のトリガー頻度で現在まで順調にデータを取得している。</p> <p>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。先行研究[1]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データを Pogolerov 氏から提供していただき、この磁場モデルを使って研究を行っている。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、現存する太陽圏磁場モデルの中では最も広範囲にわたってデータを再現しているモデルとなっている。また、実験データ解析において天球をピクセル切りする際には HEALPix[2]を採用し、各ピクセルの立体角が等しくなるように解析手法を改良している。</p> <p>昨年度終了時点で認識していた最大の問題は、太陽圏外部境界での宇宙線強度分布に 10 度以下程度の極小規模構造が現れるということであった。太陽圏の外での宇宙線強度分布にそのような極小規模構造が存在することは物理的に考えにくく、これはおそらく、地球での宇宙線強度分布を太陽圏外部境界に Liouville の定理に基づいてマッピングする際に、太陽圏磁場の乱れによる宇宙線粒子の散乱効果を考慮に入れていないことが原因ではないかと考えた。そこで、約 0.8 年間隔で作られた合計 12 セットの太陽磁場スナップショットを Pogolerov 氏から提供していただき、それらの各々について宇宙線粒子の軌道計算を行い、その結果を全て積算して Liouville マッピングを行った。その</p>

結果、太陽圏外部境界での宇宙線強度分布の構造において極小規模構造は無くなり、約 20° 程度の中規模構造までにとどまった。

2024 年度は、次の課題に順次取り組む予定である。

・現在我々が使用している Pogorelov 氏の太陽圏 MHD 磁場モデル以外にも、鷲見[3] や Opher[4]による磁場モデルがある。これらの磁場モデルを用いた場合に太陽圏外部境界での宇宙線異方性がどのようになるかを導出し、比較を行う。

・100 TeV を超えるエネルギー領域での宇宙線異方性は、TeV 領域のものと大きく異なることが知られている[5]。我々が開発した Liouville マッピングの手法を用いて、100 TeV 以上での宇宙線異方性の物理的原因を調べる。

・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を行う。

[1] Zhang et al., ApJ, 889, 97 (2020)

[2] Górski et al., ApJ, 622, 759 (2005)

[3] Washimi et al., ApJL, 846, L9 (2017)

[4] Opher et al., Nat. Astron., 4, 675 (2020)

[5] Amenomori et al., ApJ, 836, 153 (2017)

[本研究課題に関する国内外の口頭発表]

・TeV 領域宇宙線異方性の太陽磁場による変調, ISEE 研究集会, 2024 年 3 月, 名古屋大学 + オンライン

・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(4), 日本物理学会, 2023 年 9 月, 東北大学

・Modeling of the sidereal anisotropy of TeV galactic cosmic rays with the Tibet ASgamma experiment, 2024 年 3 月, AIAC 2024, Torino, Italy

・Modeling of the galactic cosmic-ray anisotropy at TeV energies using an intensity-mapping method in an MHD model heliosphere, 2023 年 7 月, ICRC 2023, Nagoya, Japan

・Modeling of TeV Galactic Cosmic-ray Anisotropy based on Intensity Mapping in an MHD Model Heliosphere, 2023 年 6 月, ASTRONUM 2023, Pasadena, USA

・Modeling of cosmic-ray anisotropy at TeV energies in an MHD model heliosphere, 2023 年 5 月, CRA 2023, Chicago, USA

[本研究課題に関する国内外のポスター発表]

・Modeling of TeV Cosmic-ray Anisotropy using Intensity-Mapping Method in an MHD Model Heliosphere, 2023 年 12 月, AGU fall meeting, San Francisco, USA + online

整理番号 F15