

令和 4 年度 (2022) 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) 中村佳昭(東京大学) 宗像一起(信州大学)
研究成果概要	<p>2022 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 m² の ALPAQUITA 空気シャワーアレイを建設し、DAQ システムの構築を行い、データ取得を開始した。2023 年度には、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。</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小規模構造が存在するという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、宇宙線粒子の散乱効果[3][4]をマッピングに組み込</p>

むアルゴリズムを開発し、実験データから太陽圏の外での宇宙線強度分布を導出したところ、10度以下程度の小規模構造は見られなくなり、最大で4次(45度)から6次(30度)程度の球面調和関数で表現されることがわかった。

2023年度は、次の課題に順次取り組む予定である。

- ・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年から2009年まで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。

- ・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[5]や Opher[6]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[7]。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。

- ・本年度データ取得を開始した 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] Górski et al., ApJ, 622, 759 (2005)

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

[3] Yasue et al., Planet Space Sci. 33, 1057 (1985)

[4] Moskalenko et al., ApJ, 565, 280 (2002)

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

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

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

[本研究課題に関する国内外の口頭発表]

- ・Modeling of the Sidereal Anisotropy of TeV Galactic Cosmic Rays Based on an MHD-simulated Heliosphere, 2022年7月, COSPAR 2022, Athens, Greece

整理番号 2022d-F-016