

R007-01

C会場：11/25 PM2 (15:30-18:15)

15:30~15:45

ミュオン計ネットワークを用いた銀河宇宙線の南北異方性の研究 (2)

#小財 正義¹⁾, 林 優希²⁾, 宗像 一起²⁾, 加藤 千尋²⁾, 片岡 龍峰³⁾, 三宅 晶子⁴⁾, 門倉 昭¹⁾

(¹ROIS-DS, (²信州大, (³極地研, (⁴岐阜高専

Study of north-south anisotropy of galactic cosmic-rays using the muon detector network (2)

#Masayoshi Kozai¹⁾, Yuki Hayashi²⁾, Kazuoki Munakata²⁾, Chihiro Kato²⁾, Ryuho Kataoka³⁾, Shoko Miyake⁴⁾, Akira Kadokura¹⁾

(¹Joint Support-Center for Data Science Research, Research Organization of Information and Systems, (²Shinshu University,

(³National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, (⁴KOSEN Gifu College

The north-south (NS) anisotropy in the galactic cosmic-ray (GCR) intensity within the 10 – 100 GeV energy range is known to reverse its polarity in response to the interplanetary magnetic field (IMF) sector. This phenomenon represents the diamagnetic drift of GCRs induced by their density gradient in the IMF. Based on this mechanism, we can estimate the density gradient and diffusion coefficient of GCRs, which are crucial for elucidating GCR propagation in the solar wind plasma. However, the GCR anisotropy is as small as only 0.1% of the intensity, and the methods for its observation and analysis are still in the developmental stage. We are developing a new analysis method for anisotropy that implements mathematical approaches such as graph theory and Bayesian estimation, and demonstrating it by analyzing the NS anisotropy.

Muon detectors, which measure muons as the main component of cosmic rays on the ground, feature high sensitivity to anisotropy but have suffered from perturbations by the atmospheric temperature variation. This research introduces a correction method using meteorological reanalysis data, allowing us to combine different-site observation data directly free from local atmospheric effects.

To optimize the combination of directional channels in network observations for the NS anisotropy analysis, we introduce the general graph matching of graph theory. Furthermore, while traditional methods supposed an analytical function such as a power-law rigidity spectrum to derive space anisotropy from ground-based observations, this study employs Bayesian estimation with the Gaussian process as a prior probability distribution. It allows for deriving the rigidity spectrum of the anisotropy without assuming an analytical function. By applying these approaches to observation data over two solar cycles by Nagoya and Hobart muon detectors, we reveal year-to-year variations in the GCR density gradient, diffusion coefficient, and their rigidity dependencies.

10~100 GeV 領域の銀河宇宙線強度に現れる南北異方性は、惑星間空間磁場のセクター構造に伴い、南北極性を反転させることが知られている。これは宇宙線の密度勾配に起因する反磁性ドリフト現象を示しており、その解析により、太陽風プラズマ中の宇宙線伝搬を解明する上で重要な宇宙線の密度勾配や拡散係数を推定することができる。しかし異方性は宇宙線強度に対して 0.1% 程度の微量であり、その観測・解析手法は未だ発展途上である。本研究では、グラフ理論やベイズ推定などの数理アプローチを積極的に導入した新たな異方性解析手法を開発し、上記の南北異方性を解析することでその実証を進めている。

ミュオン計は地上での宇宙線主成分であるミュオンを計測し、異方性への高い感度を特長とするが、気温高度分布の影響を受ける事が欠点とされていた。本研究では近年実用化が進みつつある気象再解析データを用いた補正法を導入する。それにより、ローカルな大気効果の影響を受けずに複数地点の観測データを直接結合することができる。ネットワーク観測の各方向チャンネルの組み合わせを南北異方性解析へ最適化するため、グラフ理論の general graph matching アルゴリズムを導入する。さらに、従来手法では地上観測データから宇宙空間の異方性を推定する際に、べき乗則などの解析的関数に従う rigidity スペクトルを仮定していた。それに対し、本研究ではガウス過程を事前分布としたベイズ推定を導入することで、解析的関数を仮定せずとも異方性の rigidity スペクトルを推定できることを示す。名古屋とホバートでの 2 太陽活動周期にわたる連続観測へこれらの解析を適用し南北異方性を求めることで、宇宙線の密度勾配と拡散係数、及びそれらの rigidity 依存性の年々変動を明らかにする。