

平成 27 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：スーパーカミオカンデによる 10TeV 宇宙線強度の恒星時日周変動の観測

英文：Sidereal daily variation of ~10TeV galactic cosmic ray intensity observed by the Super-Kamiokande

研究代表者 宗像一起 (信州大理)

参加研究者 加藤千尋 (信州大理)

小財正義 (信州大理)

中村佳昭 (信州大理)

大島貴広 (信州大理)

小池俊輝 (信州大理)

研究成果概要

これまでの研究により、観測された異方性の大規模な構造は一方向流と双方向流との重ね合わせで再現できることが判り、観測結果に最適な流れの方向と振幅を求めた。双方向流が局所恒星間磁場に沿うと考えると、一方向流には0.1 %程度の磁場に垂直な成分が存在していることになるが、恒星間空間でのBohm係数（ピッチ角散乱の平均自由行程のラーマー半径に対する比）は極端に大きいと考えられるので、垂直拡散による垂直流は無視できるほど小さいはずである。唯一ドリフト流 ($B \times \nabla n$) のみが垂直流を生成できる。この場合、粒子のラーマー半径は0.005 pc程度しかないので、密度勾配は極端に大きく、そのような密度勾配を通常考えられる銀河全体にわたる拡散で生成することは困難である。この様な観点から、我々は大きさが5 pc程度の局所星間雲内でのモジュレーションが、大規模異方性の起源であるとするモデルを提唱した。このモデルが示唆する局所銀河磁場の方向は、磁化した星間塵による星光の偏光観測から導かれた最近の結果と驚くほど良い一致を見せている (Frisch et al., *ApJ*, 760, 106, 2012)。一方で、観測された異方性には上記モデルでは説明できない中規模の構造が残されていたが、この構造がGurnett等がVoyager衛星による擾乱電波源の観測から導いたHDP (Hydrogen Deflection Plane)と良く一致していることが明らかとなった。このことは、銀河磁場に起因するheliosphere、特にheliotailのasymmetryが異方性に影響している可能性を示唆している。

2015年度にはチベット実験とIceCube実験による南北両半球観測結果した。これらの実験による100TeV領域での観測結果は、ともに10TeV領域での結果と大きく異なることが報告されている。IceCube実験は、観測された強度の赤緯分布（1, 2次のハーモニク成分データ）を赤緯ビンごとに報告しているので(Abbasi et al., *ApJL*, 746, 33, 2012)、チベット実験による同様のデータと併せて南北両半球解析を行った。まず10TeV領域のデータを解析した結果、両半球で観測された赤緯分布が、一次異方性を起源とす

る南北対称なハーモニクスと、二次異方性を起源とする南北反対称なハーモニクスの重ね合わせで再現できることが判った。このことは二次異方性の軸 (reference axis) が赤道面からズレており、局所銀河磁場の方向に沿っていることを示唆している。この結果は、チベット実験による10TeV領域データの解析結果と一致している。次に、100TeV領域についても同様の解析を試みたが、この領域での観測データには依然大きな統計誤差と系統誤差が伴っており、有意な結果を得るまでには至っていない