

乗鞍ミュオン・ホドスコープによる宇宙天気研究 - 汎世界的ネットワーク観測計画 -

宗像 一起 (信州大理)

日本・オーストラリア・ブラジルに設置された多方向宇宙線ミュオン計の観測ネットワークは、合計で39方向の宇宙線強度を常時モニターしており、宇宙線強度の等方成分と異方性の時間変動を分離してそれぞれを高い精度で観測できる。図1にネットワークの観測方向を示す。このネットワークは、2003年10月29日に発生した大地磁気嵐に伴うForbush減少の観測に成功した。この現象は、平均50 GeVの一次宇宙線に感度を持つミュオン強度に約10%もの減少を記録しており、観測史上でも最大規模の現象である。異方性の精確な観測からは宇宙線密度分布の空間勾配を求めることが出来、そこからForbush減少の原因でもあるCME背後の宇宙線低密度領域の空間構造を導くことが出来る。上記大イベントの解析から得られた空間構造は円筒で表現でき、その幾何学的様子は惑星間空間磁場の観測データから導かれたMagnetic Flux Ropeと良く一致している(図2参照)。このことは、宇宙線観測から「宇宙天気」を左右する惑星間空間磁場の3次元的構造を導けることを証明するものである。今後、現在のネットワークが抱える空白域を埋めるべく更に観測を充実させ、より精度の高い解析を行うことを目指したい。

Prototype network (2001~)

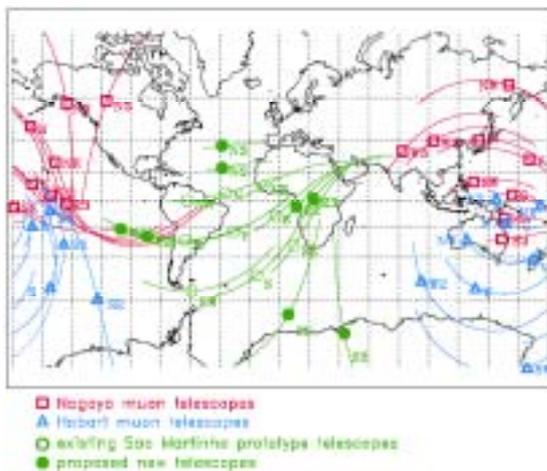
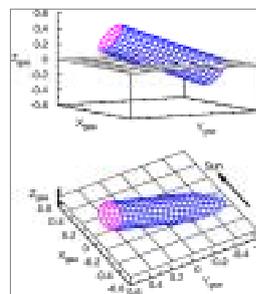


図1

宇宙線データ

Cylinder Axis
GSE Lat. = 29° P_{0x} = 0.000 AU
GSE Long. = 75° P_{0y} = -0.051 AU
Cylinder Size P_{0z} = 0.089 AU
FWHM=0.22AU



磁気ロープ

Cylinder Axis
GSE Lat. = 46° P_{0x} = 0.000 AU
GSE Long. = 54° P_{0y} = -0.077 AU
Cylinder Size P_{0z} = 0.059 AU
FWHM=0.22AU

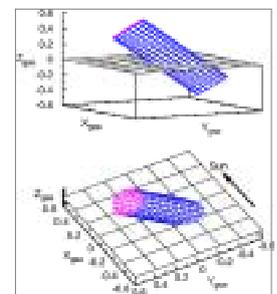


図2

一方で、乗鞍観測所に設置された比例計数管ホドスコープによる精密観測の結果、Forbush減少が単なる等方強度(宇宙線密度)の減少ではなく、ダイナミックな異方性の変動をも伴う現象であることが高い精度で観測されている。2003年10月28日には、SSCに数時間先立ってロスコーン異方性も前兆現象として捉えられた。このロスコーン異方性の開角は全幅半値幅で50度と大きく、衝撃波を跨ぐ粒子輸送のシミュレーションから、衝撃波面が上流側の惑星間空間磁場とほぼ垂直(parallel shock)であったことが示唆された。この結果は、ジャイロ半径の大きな高エネルギー粒子の観測から、衛星等によるピンポイントの観測からは得られない大規模な構造が導けることを示唆している。今後冬季間も連続観測して現象を蓄積できれば、惑星間空間擾乱の大規模構造に関する新たな知見が得られるものと

期待される。また、乗鞍（日本）とNotre Dame（米国）のホドスコープによる共役観測を行った結果、宇宙線強度分布が微細構造を持っており、それらが時間とともにダイナミックに変動している様子を捉えることが出来た（図3）。このことは、現在のネットワークを構成する検出器（プラスチック・シンチレータ）をホドスコープに置き換えることにより、全天をカバーすると同時に細かな強度分布まで逃さずとらえることが可能な新ネットワークが可能であることを示唆している。

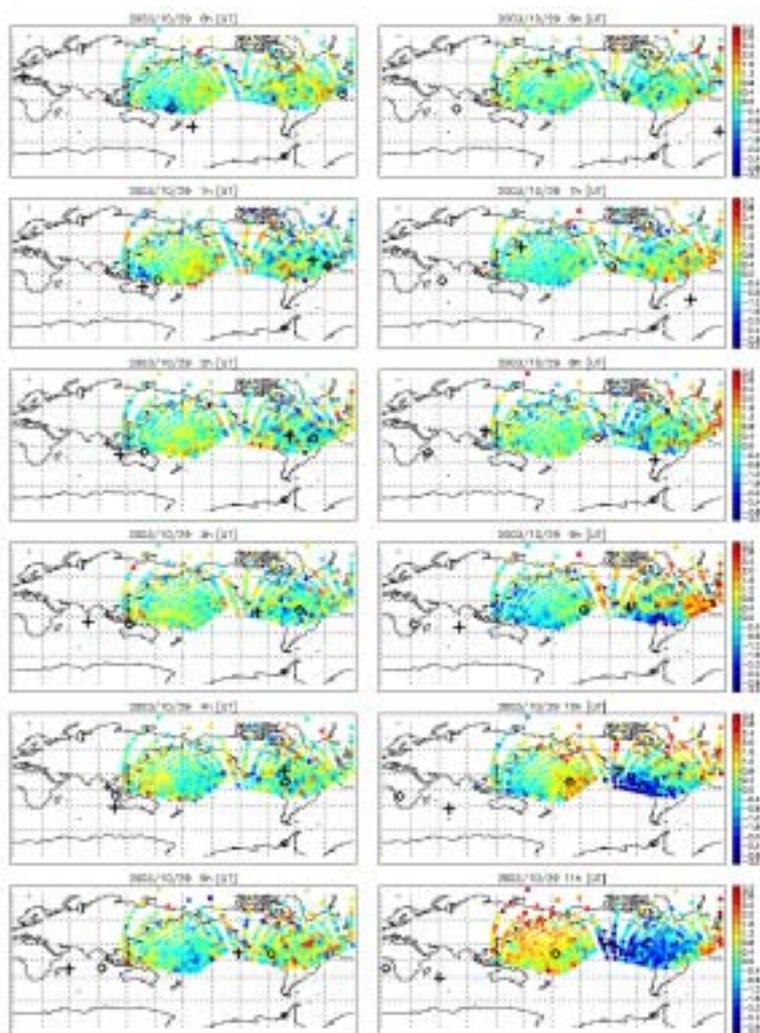


図3

参考文献

- T. Kuwabara, K. Munakata, S. Yasue et al.,
 “Geometry of an interplanetary CME on October 29, 2003 deduced from cosmic rays”,
Geophys. Res. Lett., Vol.31, L19803, doi:10.1029/2004GL020803, 2004.
- K. Munakata, T. Kuwabara, S. Yasue, et al.,
 “A “loss-cone” precursor of an approaching shock observed by a cosmic-ray muon
 hodoscope on October 28, 2003”, *Geophys. Res. Lett.*, Vol.32, L03S04,
 doi:10.1029/2004GL021469, 2005.
- K. Munakata, T. Kuwabara, J. W. Bieber, et al.,
 “CME-geometry and cosmic-ray anisotropy observed by a prototype muon detector
 network”, *Adv. Space Res.*, 2005, in press.