

CIRによって生じる銀河宇宙線低密度領域のモデリング

岡崎 良孝 [1]; 福西 浩 [1]; 宗像 一起 [2]
[1] 東北大・理・地球物理; [2] 信州大理

Modeling of a low density region of galactic cosmic ray particles caused by a co-rotating interaction region

Yoshitaka Okazaki[1]; Hiroshi Fukunishi[1]; Kazuoki Munakata[2]
[1] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Physics Department, Shinshu Univ

The solar wind can modulate Galactic Cosmic Ray (GCR) intensity. Modulations with a time scale of several days are mainly caused by Coronal Mass Ejections (CME) and solar wind stream interaction regions. The modulation caused by CME is called Forbush decrease (FD). The modulation that occurs at intervals of 27 days associated with Co-rotating Interaction Regions (CIR) is called recurrent storm.

It has been considered that the mechanism of FD consists of two different processes as follows. (i) A turbulent region of solar wind magnetic field behind an interplanetary shock prevents incursion of GCR particles (shock effect). (ii) An interplanetary magnetic flux rope that has a low GCR density passes near the Earth (ejecta effect).

A gradient of GCR density which is caused by an ejecta generates the flow of GCR called the B_x gradient drift. Therefore, the spatial anisotropy of GCR intensity can be measured with ground-based observations [Bieber and Evenson, 1998]. Kuwabara et al. [2004] have established a model for reproducing both the temporal variations of isotropic intensity and the anisotropy of GCR measured by the Muon monitor network. The shape of the GCR low density region inside an ejecta is assumed with a cylinder.

Since the CIR-driven GCR decrease accompanied by the spatial anisotropy can be observed by the Muon network, it is expected that a low density region of GCR exists in the CIR structure. The mechanism of CIR-driven GCR decrease is still an open question. Using the data obtained by satellite observations, Richardson et al. [1996] investigated the relationship between the start time of GCR intensity decrease and the solar wind structure. They suggested that a turbulent region of solar wind magnetic field takes an important role in understanding the mechanism of modulation caused by CIR. However some problems are left. For example, the start time of GCR intensity decrease does not always correspond to the turbulent region of magnetic field.

With these backgrounds, we assume a slab shape for the low density region caused by CIR and construct a model for the reproducing temporal variations of isotropic intensity and the anisotropy of GCR measured by the Muon monitor network. Details of this model will be reported. We will also discuss a relationship between the deduced low density region of GCR and the solar wind structure on the basis of some event studies of CIR-driven GCR modulations.

太陽風によって生じる数日スケールの銀河宇宙線 (Galactic Cosmic Ray; GCR) の変調現象として、コロナ質量放出 (Coronal mass ejection; CME) に由来する現象と低速風に高速風が追いついた太陽風相互作用領域に由来する現象の2つが挙げられる。CMEによるイベントは Forbush decrease (FD) と呼ばれる。太陽の自転と共回転する太陽風相互作用領域 (Co-rotating interaction region; CIR) によるイベントは、27日間隔で再び発生する傾向があることから Recurrent storm 等と呼ばれている。

CMEがFDを引き起こすメカニズムとして、(i) 惑星間空間衝撃波後方に乱れた磁場の構造が形成されることによって、その領域へのGCRの侵入が妨げられること (shock効果)、(ii) もともとGCR密度がゼロであった太陽面上の閉じた磁場構造が、その内部にGCRが満たされる前に地球に到達すること (ejecta効果) の2つの効果が提唱されている [Cane, 2000]。

Ejectaによって生じる惑星間空間内のGCR密度の勾配は、 B_x ドリフトと呼ばれるGCRの流れを生み出すため、地上の観測計ではGCR強度の空間的な異方性が観測される [Bieber and Evenson, 1998]。Kuwabara et al. [2004] は、ミュオン計ネットワークで得られたFD時のGCRの強度と異方性の時間変動を良く再現するモデルを構築した。Ejecta内部のGCR低密度領域の形状はシリンダー状の構造を仮定している。

いっぽう、CIRによって生じるGCR強度減少においても異方性が観測されるため、ejectaと同じようなGCR低密度領域が存在していると考えられる。しかしCIRがGCR強度変調を引き起こすメカニズムに関しては、太陽風構造との因果関係について解明されていない点が残されている。衛星観測データを用いたGCR強度減少が始まるタイミングと太陽風構造との比較研究 [Richardson et al., 1996] によると、CIRによるGCR変調メカニズムにおいて太陽風中の乱れた磁場構造の存在が重要であることが示唆されているが、必ずしも磁場の乱れた領域と強度減少の始まるタイミングが一致しないなどのいくつかの問題点がある。

そこで本研究では、CIRに伴うGCR低密度領域を厚みのある板状の構造と仮定し、ミュオン計ネットワークによって観測された強度と異方性の時間変動を再現するモデルを作成した。モデルの内容と共に、数例のCIR駆動のGCR強度減少イベントについて低密度領域を求め、太陽風構造との関係を調べた結果を報告する予定である。