

南極昭和基地での宇宙線観測による宇宙天気研究の新展開

宗像一起¹, 加藤千尋¹, 門倉昭², 片岡龍峰²¹ 信州大学理学部² 国立極地研究所

Space weather study using cosmic ray observations at Syowa Station in Antarctica

K. Munakata¹, C. Kato¹, A. Kadokura² and R. Kataoka²¹Shinshu University²National Institute of Polar Research

A new plan for Cosmic Ray (CR) observation at Syowa station in Antarctica is proposed. Ground-based observations of CRs have been and still are performed by CR neutron detectors and CR muon detectors. An example of the former is a neutron detector network in polar region (SSE, standing for Space Ship Earth) constructed by a group of Bartol Research Institute (University of Delaware, USA) and of the later is the Global Muon Detector Network (GMDN) operated by a group of Shinshu University (Japan). The new plan is to observe CR neutron and muon simultaneously at the same point, which is Syowa Station in Antarctica. An advantage of making simultaneous observation at Syowa Station is that CR intensity can be measured in wider energy range because muon detector respond to primary CR with about 5 times higher energy than neutron detector. In this wide energy range, Syowa Station is the best place to observe with the relatively small deflection of primary CR orbits at the polar station. Deriving new findings on space weather study, such as magnetic structures of Interplanetary Coronal Mass Ejection (ICME), is expected.

宇宙線の地上観測には、ミュオン計を用いるものと並んで中性子計を用いるものがある。中性子計観測でよく知られているものとしては、デラウェア大・バルトール研究所のグループによる極域の中性子計観測ネットワークSSE(Space Ship Earth)がある。SSEは、低エネルギー側で強度が極端に大きくなるSEP(Solar Energetic Particle)の観測を主眼に設計され、GLE(Ground Level Enhancement)の研究等で大きな成果をあげている(例えば Bieber et. al., 2013)。一、信州大学の宇宙線グループは、世界4か所の多方向ミュオン計による汎世界的観測ネットワークGMDN(Global Muon Detector Network)を構築してきた。GMDNは、宇宙線流(強度の非等方性)の観測に特化されたネットワークで、これまでに、ICME(Interplanetary Coronal Mass Ejection)の地球通過に伴う宇宙線流の特徴的な変動からICME内の磁場構造を3次的に導くことや、ICMEの地球到来前に「loss-cone前兆現象」として観測される宇宙線流の様態を明らかにしてきた(例えば Fushishita et. al., 2010)。

さて、大気中で二次粒子を生成する相互作用の閾値エネルギーの違いにより、ミュオン計は中性子計に比べて高いエネルギー(約5倍)の一次宇宙線に最も良い応答を示す。この観測エネルギーの違いは、地磁気による軌道偏向の違いとして現れる。すなわち、地球磁気圏外での観測方向が異なることになる。中・低緯度での同地点・同時観測ではこの方向差が大きくなるため、観測された強度変動の違いが方向の違いによるものと区別できない。これに対し、極域で観測する場合、宇宙線計に鉛直入射する宇宙線は主に磁力線に沿って大気圏に入射するため、昭和基地での中性子計、ミュオン計による同地点・同時観測においては、ほぼ同じ方向から入射する宇宙線を広いエネルギー範囲で観測することが出来る。図1は昭和基地に中性子計、ミュオン計を設置した場合の地球磁気圏外での観測方向を計算したものである。Xが中性子計、大きな黒丸がミュオン計の鉛直方向に対応する観測方向を示している。小さな黒丸は同ミュオン計がカバーする領域である。既存のGMDNの観測方向も白抜きのシンボルで示してある。中性子計とミュオン計の鉛直方向に対応する地球磁気圏外での観測方向に大ききなずれば見られず、したがって、南極昭和基地は中性子計、ミュオン計での同時観測を行うのに適した地であるといえる。

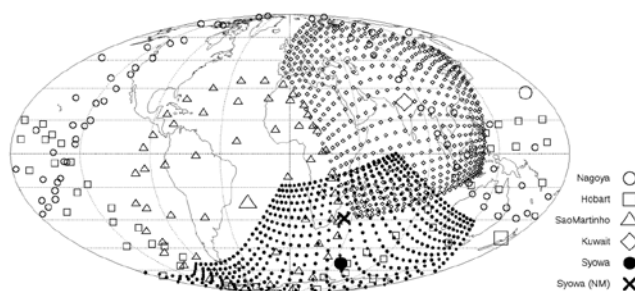


Figure 1. Asymptotic viewing directions at outside of geomagnetosphere of GMDN and planned muon and neutron detectors at Syowa Station.

地上で観測される高エネルギー宇宙線は、ラーマー半径(約0.01~0.1天文単位)程度の大規模構造に最も高い感

度を有する。衛星による磁場の単点観測では、小規模擾乱にマスクされてMagnetic Flux Rope等に伴う大規模な磁場構造を特定できる例がごく限られているのに対し、宇宙線観測ではほとんどすべてのイベントについて、大規模構造を導くことができる。昭和基地において中性子計とミュオン計による同地点・同時観測を行うことによって、ICME中や「loss-cone前兆現象」の原因となる磁場構造を、事象ごとに異なったラーマー半径スケールで導くことが可能である。

References

- J. W. Bieber, J. Clem, P. Evenson, R. Pyle, A. Sáiz, and D. Ruffolo, GIANT GROUND LEVEL ENHANCEMENT OF RELATIVISTIC SOLAR PROTONS ON 2005 JANUARY 20. I. SPACESHIP EARTH OBSERVATIONS, *Astrophys. J.*, **771**,92-105, 2013.
- A. Fushishita, T. Kuwabara, C. Kato, S. Yasue, J. W. Bieber, P. Evenson, M. R. Da Silva, A. Dal Lago, N. J. Schuch, M. Tokumaru, M. L. Duldig, J. E. Humble, I. Sabbah, H. K. Al Jassar, M. M. Sharma and K. Munakata, PRECURSORS OF THE FORBUSH DECREASE ON 2006 DECEMBER 14 OBSERVED WITH THE GLOBAL MUON DETECTOR NETWORK (GMDN), *Astrophys. J.*, **715**, 1239-1247, 2010