

平成25年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：チベット高原での高エネルギー宇宙線の研究

英文：Experimental Study of High-energy Cosmic Rays in the Tibet AS γ Experiment

研究代表者 東京大学宇宙線研究所・准教授・瀧田正人

参加研究者

弘前大・教授・南条宏肇、・名誉教授・雨森道紘、宇都宮大・教授・堀田直己、作新学院大学・教授・太田周、埼玉大・名誉教授・水谷興平、・教授・白井達也、教授・立山暢人、・教授・日比野欣也、・助手・有働慈治、横浜国大・教授・柴田慎雄、・准教授・片寄祐作、・研究員・佐古崇志、・院生・元山達朗、・院生・宍戸清哉、湘南工大・教授・杉本久彦、国立情報学研・准教授・西澤正己、都立産業技術高専・教授・齋藤敏治、甲南大学・名誉教授・山本嘉昭、・名誉教授・坂田通徳、・教授・梶野文義、東大宇宙線研究所・名誉教授・湯田利典、・助教・大西宗博、・非常勤技術職員・小林孝英、・特任助教・川田和正、・院生・中尾優太、信州大学・教授・宗像一起、・特任教授・安江新一、・准教授・加藤千尋、・院生・中野義丈、・院生・菊池拓郎、・院生・石崎章雅、日本原子力研究開発機構・研究員・土屋晴文、早稲田大学・教授・鳥居祥二、・客員教授・笠原克昌、・助手・小澤俊介、日本大学・准教授・塩見昌司

研究成果概要

1. Tibet-MD計画

100TeV領域(10-1000TeV)ガンマ線天文学の開拓を目指すTibet-AS+MD Project: Tibet Air shower array + Muon Detector array Project)に関する外部資金申請が活発に行われている。我々は最終的には約1万平方メートルの地下大型水チェレンコフミュオン観測装置を建設し、100TeV領域ガンマ線の低雑音観測を計画している。その第1段階として、1万 m^2 の地下大型水チェレンコフミュオン観測装置の一部として建設中である4000 m^2 の地下水チェレンコフミュオン検出器コンクリート水槽部分の建設が完了した。平成25年度には、コンクリートプールの3/5の部分に必要な内装工事関係（防水塗料塗布、光電子増倍管や信号・高電圧ケーブルの装着、エレクトロニクス装着とデータ取得や校正用ソフトウェア開発等）が行われた。Tibet-III空気シャワー観測装置との連動実験が開始された。

2. Tibet-YAC計画

Knee 領域重粒子成分のエネルギースペクトル観測を目指すTibet-YAC: Tibet air shower core detector array 計画を推進している。YAC-II（約100台の空気シャワーコア観測検出器[バースト検出器]がTibet-III空気シャワー観測装置の中心付近に設置されている。平成25年度はエレクトロニクスやデータ取得ソフトウェアの実装作業が行われた。陽子選別に重点を絞るYAC-IIのデータ取得を開始した。



図1 完成したMD(4000 m^2)



図2 YAC-II

3. 10TeV領域宇宙線中における太陽の影と太陽磁場モデルとの比較（図3及び文献1）参照）

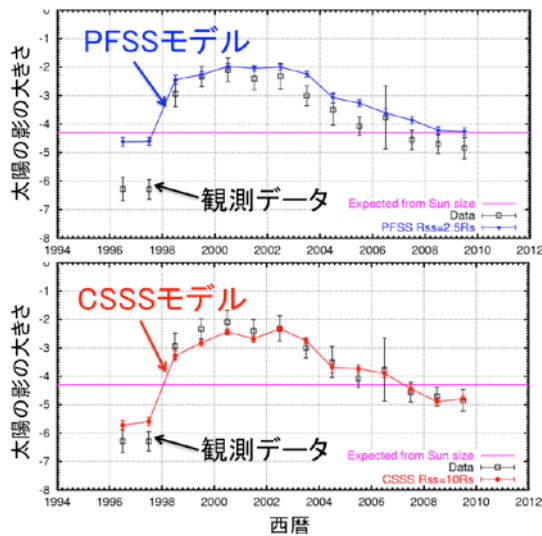


図3 太陽の影の大きさと太陽モデルの比較

通常私たちの見る太陽は明るく輝いて見えるが、太陽方向を宇宙線観測装置で観測するとダークスポット「太陽の影」として観測されるのである。この「太陽の影」を1996年から2009年まで連続的に解析した結果、「太陽の影」の大きさが11年の太陽活動周期と相関して変化していることを発見した。これは11年周期の太陽活動の変化とともに太陽磁場構造も変化している可能性が高い。銀河宇宙線の主成分である陽子はプラスの電気を帯びているために、電気的に中性な光とは異なり、太陽の近くを通るとその強大な磁場によって曲げられる。つまり、太陽磁場構造に変化があると、銀河宇宙線中にできる「太陽の影」にも変化が現れる。一方で、地球からはほぼ同じ大きさに見える月によっても宇宙線が遮られ「月の影」が観測される。しかし、月にはほとんど磁場が存在しないために「月の影」の大きさは常に一定である。本研究では、この太陽磁場構造の変化に伴う「太陽の影」の変化を利用して、太陽近傍の磁場構造を予測する2つの理論モデルの検証を行った。一つは太陽近傍を流れる電流は局所的には磁場構造に影響しないとするPFSSモデルで、他方は電流が磁場構造に反映するように構築されたCSSSモデルである。これらの2つの磁場モデルを用いて、地球太陽間の銀河宇宙線の軌道をコンピュータ・シミュレーションした結果、CSSSモデルの方が「太陽の影」の実験結果を良く再現することが分かった。宇宙探査機ユリシーズが観測した太陽から遠く離れた磁場構造もCSSSモデルの方がよく再現することが知られており、この結果を強力にサポートする。これは銀河宇宙線中にできる「太陽の影」を利用して、太陽近傍の磁場構造の検証を行った世界で初めての成果である。今回の成果は、14年間に渡る宇宙線データの蓄積と、電荷を持つ宇宙線が磁場中で曲げられることを利用したもので、長期間の宇宙線の連続観測が鍵となった。この成果はPRLの editors suggestionとして掲載され、東大のプレスリリース記事となった。

4. 国際会議発表：

ICRC2013で14 presentations
APPC12で 1 presentation

5. 査読付論文：1本

・ “Probe of the Solar Magnetic Field Using the “Cosmic-Ray Shadow” of the Sun”, M. Amenomori et al., PRL, 111, pp011101-1 - 011101-5 (2013).