

平成 26 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・名誉教授・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・学長・太田周、埼玉大・名誉教授・水谷興平、神奈川県大・名誉教授・白井達也、教授・立山暢人、・教授・日比野欣也、・助教・有働慈治、横浜国大・名誉教授・柴田槇雄、・准教授・片寄祐作、・院生・山内紘一、・院生・風間光喜、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、・特任助教・川田和正、・研究員・佐古崇志、信州大学・教授・宗像一起、・准教授・加藤千尋、・院生・小財正義、・院生・中嶋隆明、・院生・中村佳明、・院生・丹羽健徳、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、・招聘研究員・笠原克昌、・次席研究員・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、平成25年度にデータ取得を開始した。平成26年度は、空気シャワー観測装置と地下ミュオン観測装置の連動実験の運転が順調に行われ、約1年間分の観測データが蓄積された。

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]がチベット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、陽子選別に重点を絞る YAC-II のデータ取得を開始した。平成 26 年度は、空気シャワー観測装置と YAC-II 観測装置の連動実験の運転が順調に行われ、約 1 年間分の観測データが蓄積された。

3. (YAC-II + Tibet-III + MD)のハイブリッド実験による 50 - 10,000 TeV エネルギー領域における軽原子核一次宇宙線エネルギースペクトルの測定性能の評価

Tibet AS γ collaboration はチベットに新しい連動実験を設置し、Knee エネルギー領域近辺の一次宇宙線の化学組成の測定を 2014 年より行っている。新しい連動実験は空気シャワーコア観測装置 (Yangbajing Airshower Core detectors YAC-II:空気シャワー中のコア成分の高エネルギー電磁成分を検出する、図 1 参照)、チベット空気シャワー観測装置 (Tibet-III)、大面積水チェレンコフ型地下ミュオン観測装置 (Muon Detectors MD) から構成される。

我々はこの連動実験の性能評価を行うためにモンテカルロシミュレーションを行った。空気シャワーシミュレーションコードとして、CORSIKA (version 6.204)を採用し、その中のハ

ドロン相互作用モデルとして QGSJET01c と SIBYLL2.1 を比較のために採用した。また、一次宇宙線フラックスのモデルとしてヘリウムリッチモデル、ヘリウムプアモデル、及び Gaisser' fit モデルを Knee エネルギー領域近辺の化学組成モデルとして比較してみた。検出器シミュレーションコードとしては、GEANT4 (version 9.5) を採用して、実際の検出器の詳細な configuration 等を入力してシミュレーションを行った。モンテカルロシミュレーション事例は、実データ解析と同じプログラムで事例再構成を行った。事例のエネルギーは補正 NKG 関数を用いて空気シャワーの横広がり Lateral Density Fit (LDF) により求め、陽子とヘリウムの選別は Artificial Neural Network 法 (ANN) 及び Random Forest 法 (RF) の 2 つの方法を試した。モンテカルロシミュレーション中のハドロン相互作用モデルの差による相違、一次宇宙線フラックスモデルの差による相違、陽子・ヘリウム成分弁別方法の差による相違を評価することにより、陽子とヘリウム成分のエネルギースペクトルの系統誤差の評価を行った。そして、この新しい運動実験による陽子やヘリウムのエネルギースペクトル測定に関して、系統誤差が 30% 以内の収まることが判明した。この結果より、新しい運動実験は 50 - 10,000 TeV エネルギー領域において一次宇宙線の化学組成を精度よく測定できることが分かった。上記のエネルギー領域は、低いエネルギー側では飛翔体等による直接観測と重なり、高エネルギー側では地上における間接観測と重なることになる。そして、陽子とヘリウムのそれぞれの成分のエネルギースペクトルの折れ曲がり (Knee) を観測可能となることが期待される。この折れ曲がり、宇宙線の起源の研究に大切な基本パラメーターである。

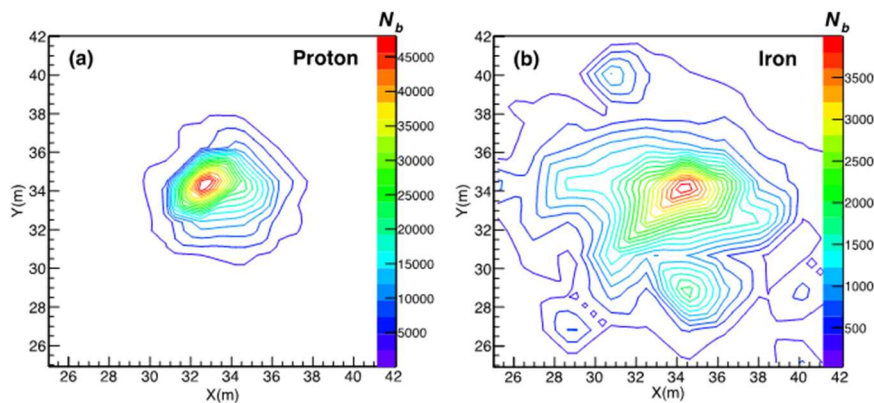


図1 YAC-II における MC 陽子の電磁成分パターン(左図)と MC 鉄原子核の電磁成分パターン (右図) 粒子弁別情報の一部。

4. 国内会議発表

2014 年秋の物理学会 (佐賀大学) 1 講演

2015 年春の物理学会 (早稲田大学) 3 講演

5. 国際会議発表 :

COSPAR2014で 1 presentation

CRA2015で 1 presentation

6. Publications

• "Performance of the Tibet hybrid experiment (YAC-II + Tibet-III + MD) to measure the energy spectra of the light primary cosmic rays at energies 50 - 10,000 TeV", J. Huang et al., Astroparticle Physics, 66, pp16-30, (2015).

整理番号 F21