

平成 27 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、神奈川大学・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・柴田慎雄、・准教授・片寄祐作、・院生・松田光平、・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、・院生・徳永恭助、・院生・片岡厚典、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・中村佳明、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27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、合計約2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 27 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、合計約 2 年間分の観測データが蓄積された。

3. 100 m^2 のミュオン検出器とチベット空気シャワー観測装置の連動実験を用いたかに星雲からの 100TeV を超えるガンマ線の探索

2007 年晩秋に、100 m^2 の地下ミュオン検出器を現有設備のチベット空気シャワー観測装置の下に建設した。チベットでの大型地下ミュオン検出器の建設の feasibility study が最も大きな目的であったが、このミュオン検出器とチベット空気シャワー観測装置との連動実験により、宇宙ガンマ線検出の感度が上がることを利用して、かに星雲からの 100TeV を超えるガンマ線探索を行った。シングルミュオンのエネルギーデポジションである電荷分布や原子核宇宙線雑音の除去率等、我々のモンテカルロシミュレーションがデータを reasonable に再現されていることが判明した。

2008年3月から2010年2月までの観測期間にチベット空気シャワー観測装置と100m²の地下ミュオン観測装置の連動実験で取得された観測データを用いて、かに星雲からの100TeVを超えるガンマ線放射の探索を行った。残念ながら統計的に有意な超過事例は観測されなかった。その結果を用いて、140TeV以上のガンマ線放射に対して、世界で最も厳しい上限値を得ることに成功した。わずか100m²のプロトタイプミュオン検出器でもこれだけの成果が得られることが判明し、現在稼働中の約4000m²の地下ミュオン観測装置とチベット空気シャワー観測装置との連動実験から面白い成果が期待できるであろう。

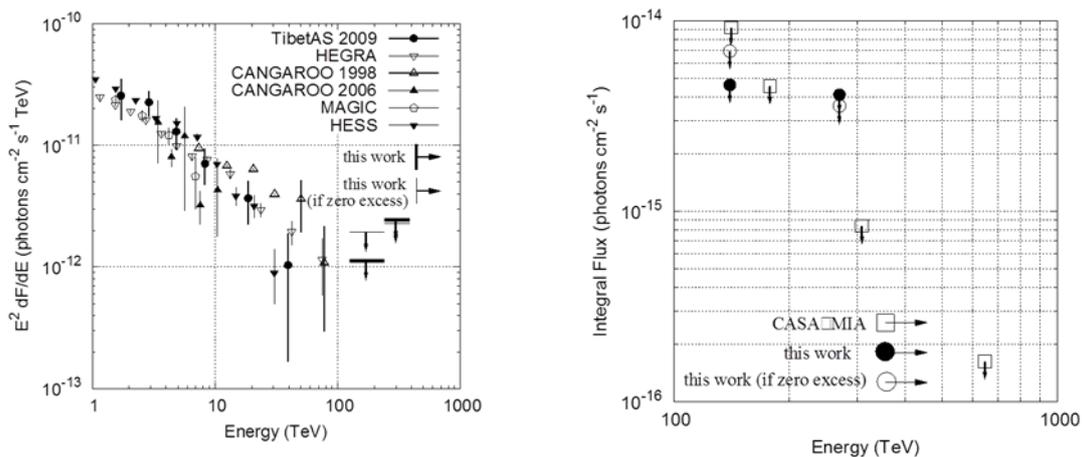


図1 M. Amenomori et al., ApJ, 813, pp98-102, (2015)より引用。左図：本実験で得られたかに星雲からのガンマ線微分フラックスの90%信頼度の上限値（淡い上限値は超過信号事例が0を仮定）と他実験との比較。右図：本実験で得られたかに星雲からのガンマ線積分フラックスの90%信頼度の上限値（白抜き○の上限値は超過信号事例が0を仮定）とCASA-MIA実験との比較。

4. 国内会議発表

2015年秋の物理学会（大阪市立大学） 1講演

2016年春の物理学会（東北学院大学） 1講演

5. 国際会議発表：

ICRC2015等 13 presentations

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).

・“SEARCH FOR GAMMA RAYS ABOVE 100 TeV FROM THE CRAB NEBULA WITH THE TIBET AIR SHOWER ARRAY AND THE 100 m² MUON DETECTOR”, M. Amenomori et al., ApJ, 813, pp98-102, (2015).

整理番号 E15