

## 平成 28 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  $\gamma$  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・研究副主幹・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、中国科学院高能物理研究所・教授・黄晶

### 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)に関する研究が活発に行われている。100TeV領域ガンマ線の低雑音観測を目指し、4200m<sup>2</sup>の地下水チェレンコフミュオン検出器の建設が完了し、平成25年度にデータ取得を開始した。平成28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、カレンダー年で合計約3年間分の観測データが蓄積された。データ解析用ソフトウェアツールの開発が積極的に行われている。

#### 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 (124 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 28 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、カレンダー年で合計約 3 年間分の観測データが蓄積された。モンテカルロシミュレーション等を用いて、解析用ソフトウェアツールの開発が活発におこなわれている。

#### 3. 空気シャワーアレイで観測されるガンマ線起源空気シャワーのエネルギー決定方法

空気シャワーアレイで観測される、10TeV-1000TeV のエネルギーを持つガンマ線起源空気シャワーのラテラル分布に着目して、親ガンマ線エネルギーの決定方法を新たに開発した。標高 4300m に設置されたチベット空気シャワーアレイを想定して、モンテカルロシミュレーションを行った。新しいエネルギー評価パラメーターとして、我々は空気シャワー軸から距離 50m 離れた場所における粒子密度 S50 を採用する予定である。この S50 パラメーターを用いてガンマ線エネルギーを決定すると、入射天頂角が 20° より小さい 100TeV のガンマ線起源空気シャワーに対して約 16%のエネルギー分解能が得られることが判明した。同様の条件のガンマ線を比較対象として、空気シャワーサイズ(Ne)を用いると約 27%のエネルギー分解能が得られ、我々が現在使用している検出粒子数の和 ( $\Sigma \rho$ ) を用いると約 30%のエネルギー分解能が得られる

ことが判明した。図 3 に S50 を用いたエネルギー分解能のエネルギー依存性を示す。

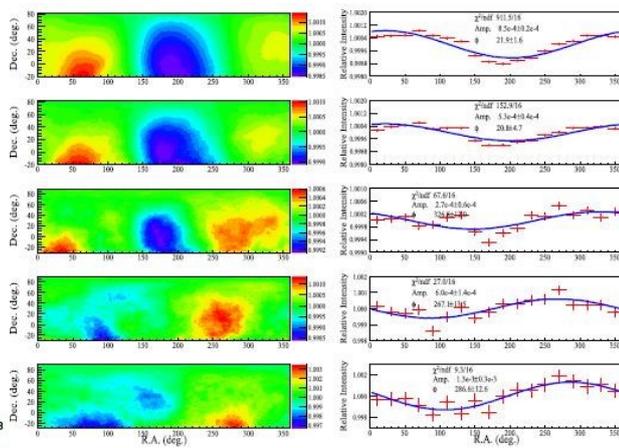
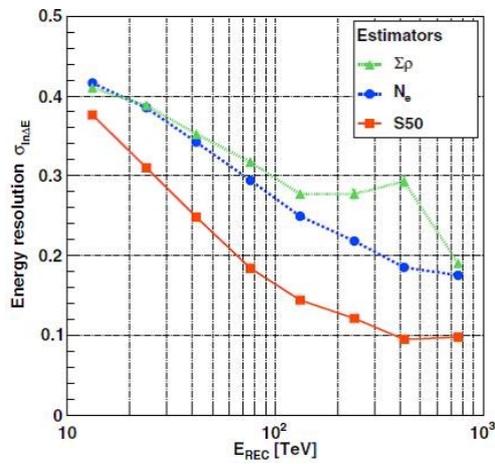


図 3 下の Publications[1] Fig.3 より。  
ガンマ線起源空気シャワーに対する S50 を用いたエネルギー分解能のエネルギー依存性。参考に Ne や  $\Sigma \rho$  によるエネルギー分解能も示している。

図 4 下の Publications[1] Fig.4 より。  
恒星時宇宙線異方性のエネルギー依存性（上から 15, 50, 100, 300, 1000 TeV）を示す。左側は 2D 図、右側は RA 方向への投影 1D 図である。

#### 4. 空気シャワーアレイで観測された 10TeV-1000TeV の銀河宇宙線恒星時異方性の研究

チベット空気シャワーアレイで 1995 年から 2010 年に記録された 10TeV-1000TeV のエネルギーを持つ空気シャワー事例を用いて銀河宇宙線恒星時異方性を観測した。数百 TeV 領域の恒星時宇宙線異方性を数十 TeV 領域以下の異方性と比較すると、その強度 (0.1-0.2%程度) は同程度であるが、位相が大きくずれていくことが判明した(図 4 参照)。この結果は南半球で行われている IceCube 実験の観測結果と良く合っているが、原因究明はこれからの研究テーマとなる。

#### 5. 国内会議発表

2016 年秋の物理学会 (宮崎大学) 2 講演

2017 年春の物理学会 (大阪大学) 3 講演

#### 6. 国際会議発表 :

COSPAR2016 1 presentation

#### 7. Publications

[1]”Energy determination of gamma-ray induced air showers observed by an extensive air shower array”, K. Kawata et al., Accepted by Experimental Astronomy and online on March 3, (2017).

[2]”Northern Sky Galactic Cosmic Ray Anisotropy between 10 and 1000 TeV with The Tibet Air Shower Array”, M. Amenomori et al., ApJ, 836, 153-1-7, (2017).

