

平成24年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：Knee 領域一次宇宙線組成の研究

英文：Study of the composition of cosmic-rays at the Knee

研究代表者

横浜国立大学・准教授・片寄 祐作

参加研究者

横浜国立大学・教授・柴田 槇雄

横浜国立大学・M2・宍戸 清哉

都立産業技術高専・教授・齋藤 敏治

湘南工科大学・助教授・杉本 久彦

研究成果概要

宇宙線エネルギースペクトルに鋭い折れ曲がりが見られる 10^{15} - 10^{16} eV 領域(Knee 領域)の化学組成を明らかにし、Knee スペクトルの研究から宇宙線加速・伝搬機構の解明を目指している。これまでにチベット高原に設置した空気シャワーアレイ (Tibet III AS array) の中心部にシャワー中心の高エネルギー成分を観測するためのバースト検出器を増設し、高エネルギー2次成分の横広がりを用いた一次宇宙線核種の弁別方法を開発してきた。2009-2010 年度には 16 台のバースト検出器を用いた小規模アレイ (YAC1) により 10^{14} eV 前後の空気シャワーコア観測を行った。YAC1 が観測対象とする一次線のエネルギー領域は 100TeV 前後であり、この領域の化学組成は直接観測により求められている。特に YAC 検出器による検出効率が高い陽子・ヘリウム成分の絶対強度は最近の直接観測データがかなり充実しており、YAC1 による結果の信頼度とともに 空気シャワー核相互作用モデルを検証することができる。YAC1 の観測結果を 4 つの相互作用モデル QGSJET1, QGSJET2, SIBYLL, EPOS を用いたシミュレーションに基づき解析し得られ

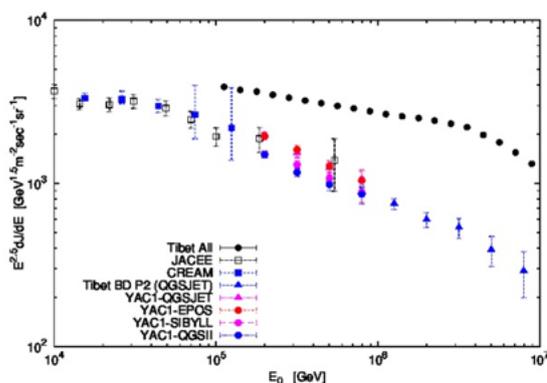


図1 YAC1によるP+Heスペクトル。解析に使用した4つの相互作用モデルに対する依存度を示す。

た P+He スペクトルを図 1 に示す。各モデルによる結果はいずれも 30%以内の誤差で直接観測のデータと良くつながり、大きな矛盾は見られない。また、一次粒子弁別の手法として Artificial Neural Network(ANN), Random Forest(RF), 神経回路網モデル, K-nearest neighbor 法、その他の種々の方法を用いたときの弁別能力についても検討を進めている (図 1 は ANN による結果)。

2011 年から YAC 検出器を 100 台に拡張した YAC2 実験の準備を進めている。これにより 10^{14} - 10^{16} eV 領域の陽子、ヘリウム成分スペクトルが高い統計精度で求められると期待される。本年度は、モンテカルロシミュレーションにより、YAC 検出器エネルギー較正方法、データ解析方法の検討を行った。2013 年度以後は YAC2 による連続観測を行う。鉄成分の観測には更に測定器の拡充が必要であり、400 台規模の YAC3 を計画している。



図 1 Tibet III アレイの中心に設置した YAC2 (100 台のバースト検出器から成る)。

学会発表等

- 1) 日本物理学会第 67 回年次大会 (京都産業大学)、平成 24 年 9 月 : 12aSP-1
空気シャワーコアアレイ(YAC)による陽子・ヘリウムスペクトル、 宍戸清哉、柴田槇雄、片寄祐作、齋藤敏治、杉本久彦 他

最近の発表論文

- 1) M. Amenomori et al. "Air-shower core detector array to study the mass composition of cosmic rays beyond 100 TeV by Tibet hybrid experiment." Proc. 32nd ICRC, Beijing, paper id **0356** (2012)
- 2) M. Amenomori et al. "Cosmic-ray energy spectrum around the knee observed with the Tibet air-shower experiment", *Astrophys, Space Sci, Trans.*, **7**, pp 15-20, (2011)
- 3) M. Amenomori et al. "Cosmic-ray energy spectrum around the knee obtained by the Tibet experiment and future prospects", *Advances in Space Research* **47**, pp 629-639, (2011)
- 4) M. Shibata et al., "Chemical composition and the maximum energy of galactic cosmic rays", *ApJ*, **716**, pp 1076-1083, (2010)