

## 平成 21 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・教授・柴田 慎雄

参加研究者

横浜国立大学・特別研究教員・片寄 祐作

東京大学宇宙線研究所・日本学術振興会外国人特別研究員・陳 鼎

横浜国立大学・M1・郷 昌樹

都立産業技術高専・教授・齋藤 敏治

湘南工科大学・准教授・杉本 久彦

研究成果概要

エネルギースペクトルが特異な変化を示す **Knee** 領域は高エネルギー宇宙線の起源に関する情報を含んでいると考えられ非常に興味深い。特にその質量組成との関係は重要である。スペクトルの変化をもたらしているのは陽子などの軽い成分なのか、鉄などの重い成分なのかという問題は長い間の論争となっている。

空気シャワー中心部の高エネルギー成分は親粒子の質量を良く反映する。我々はこの性質を利用して、チベットの空気シャワー観測装置の中心部に高エネルギー電磁成分検出器を配置し一次宇宙線組成の研究を行っている。

これまでに行われたエマルジョンチェンバーとバースト検出器を用いた観測から陽子、ヘリウム成分のスペクトルが得られ、**Knee** 領域の主成分がヘリウムより重い原子核であるという兆候を得ている<sup>1),2),3),4)</sup>。更に精密な観測を目的として空気シャワーコア検出器 **YAC** の開発を進め<sup>5)</sup>、平成 21 年度には小規模なコア検出器アレイを製作・設置して観測を



開始した（図 1 の中央部分）。この装置では一次エネルギーが 100TeV 前後の空気シャワーが観測対象となり、直接観測で得られている組成データに基づく空気シャワーシミュレーションとの比較からシ

図 1：チベット空気シャワー観測装置の中心付近に設置した 16 台のコア検出器（周辺に見えるのは旧バースト検出器）。

ミュレーションに用いる核相互作用モデルのチェックが可能である。現在、観測データの蓄積および相互作用モデルとして QGSJET 1、SIBYLL、QGSJET2、EPOS を用いたシミュレーションを行っている。これにより実験データを最も良く再現する相互作用モデルを特定する。平成 22 年度にはコア検出器を 100 台に増やして 100TeV 以上の陽子・ヘリウムスペクトルの精密観測を行う予定である。

#### 学会発表等

日本物理学会 2009 年秋季大会（甲南大学）、平成 21 年 9 月： 空気シャワーコアアレイ (YAC)による空気シャワー相互作用モデルの検証 (I)

日本物理学会第 65 回年次大会（岡山大学）、平成 22 年 3 月： 空気シャワーコアアレイ (YAC)による空気シャワー相互作用モデルの検証 (II)

#### 最近の発表論文

- 1) M.Amenomori et al.“Are protons still dominant at the Knee of the cosmic-ray energy spectrum?”  
PHYSICS LETTERS B vol. **632**, pp 58-64, (2006)
- 2) M. Amenomori et al. “Analysis of primary cosmic ray proton and helium components at the Knee energy region with the Tibet hybrid experiment”,  
Proceedings of 30th International Cosmic Ray Conference. Merida, **2** (OG part 1), pp 117-120 (2007)
- 3) M. Amenomori et al. “Chemical composition of cosmic rays at the Knee measured by the Tibet air-shower-core detector”,  
Proceedings of 30th International Cosmic Ray Conference. Merida, **2** (OG part 1), pp 121-124, (2007)
- 4) M. Amenomori et al., “The all-particle spectrum of primary cosmic rays in the wide energy range from  $10^{14}$  eV to  $10^{17}$  eV observed with the Tibet-III air-shower array”  
ApJ, **678**, pp 1165-1179 (2008)
- 5) M.Shibata, "Cosmic ray data and their interpretation : about the Tibet Shower Array",  
Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.), **175+176**, 267, (2008)
- 6) M.Shibata, “About the cosmic-ray spectrum around the Knee”, 31<sup>st</sup> ICRC, Lodz, paper id 0295, (2009)
- 7) M.Amenomori et al., “Interpretation of the cosmic-ray energy spectrum and the Knee inferred from the Tibet air-shower experiment.”, 31st ICRC, Lodz, paper id 0294, (2009)
- 8) M.Shibata et al., “Chemical composition and the maximum energy of galactic cosmic rays”,  
ApJ, **716**, (2010) in press

整理番号
------