

## 平成 22 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 禎雄

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・M2・郷 昌樹

横浜国立大学・M2・浅井 孝行

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

空気シャワー中心部の高エネルギー成分の諸性質は空気シャワーの親粒子の質量を良く反映することを利用して、我々は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 (YAC 計画)。空気シャワー観測データから一次線組成を求めるためには詳細な空気シャワーシミュレーションが必要であり、高エネルギー領域のハドロン相互作用モデルの検証が重要である。平成 21 年度に観測を開始した 16 台のバースト検出器から成る小規模なコア検出器アレイ (YAC16) は、その検証を目的としている。この小規模アレイが観測対象とするエネルギー領域はおよそ 100TeV 前後であり、直接観測によって知られている一次線組成データを用いたシミュレーションと観測データとの比較により相互作用モデルのチェックが可能である。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と YAC16 で観測されたバーストサイズスペクトルの比較を図 1 に示す。縦軸は 1 日あたりに 1 台の

バースト検出器で観測される事例数である。4つのモデルともに、概ね実験を良

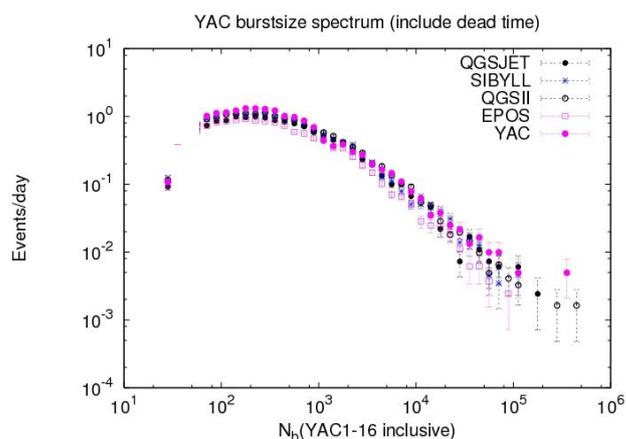


図 1 YAC により観測されたバーストサイズスペクトルと 4つのモデルによるシミュレーションとの比較

く再現しているが、絶対強度はモデル間で相対的に約 30%の差を示している。QGSJET2 と SIBYLL が高い絶対強度を与え、QGSJET1 と EPOS が相対的に低い絶対強度を与える。実験データはその範囲内にあることが確認された。すなわち、空気シャワーコア観測から求めた一次線組成に含まれるモデル依存による系統誤差は約 30%である。仮定した一次線組成のデータに含まれる誤差と我々の観測データに含まれる誤差を考慮すると、実験を再現する最適なモデルを特定できる段階には至っていないが、今後更に統計を上げて解析を進める予定である。

#### 学会発表等

- 1) HEAP2010 高エネルギー宇宙物理学研究会(KEK, 10月14日):「最近の直接観測と間接観測による宇宙線エネルギースペクトル」、柴田
- 2) 日本物理学会第66回年次大会(新潟大学)、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. “Cosmic-ray energy spectrum around the knee observed with the Tibet air-shower experiment”, *Astrophys, Space Sci, Trans.*, **7**, pp 15-20, (2011)
- 2) 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)
- 3) M. Shibata et al., “Chemical composition and the maximum energy of galactic cosmic rays”, *ApJ*, **716**, pp 1076-1083, (2010)
- 4) 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)
- 5) M. Shibata, “About the cosmic-ray spectrum around the Knee”, 31st ICRC, Lodz, paper id **0295**, (2009)
- 6) M. Shibata, "Cosmic ray data and their interpretation : about the Tibet Shower Array", *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)*, **175+176**, 267, (2008)
- 7) 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)
- 8) 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)
- 9) 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)

整理番号