

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：AGASA で観測した超高エネルギー宇宙線空気シャワーの特性の研究
英文：Characteristics of extensive air showers induced by ultra-high energy cosmic rays observed with AGASA

研究代表者 東京大学宇宙線研究所・特任研究員・榎 直人
参加研究者 東京大学宇宙線研究所・助教・竹田 成宏
東京大学宇宙線研究所・教授・手嶋 政廣
埼玉大学理学部・教授・井上 直也
名古屋大学宇宙地球環境研究所・准教授・松原 豊
チュービンゲン大学・研究員・篠崎 健児
山梨大学工学部・名誉教授・本田 建
神奈川大学工学部・特任教授・林田 直明

研究成果概要

Pierre Auger 実験グループが LHC 実験の結果を取り入れた空気シャワーシミュレーションを用いて、シミュレーションより実験のほうがミューオン数が多いと報告した。Auger 実験では水タンクのデータよりミューオン数を推定しているのに対し、明野実験、AGASA 実験ではミューオン成分を明確に分離して観測しており、これらのデータを用いてミューオン過剰について調べることを目的としている。明野、AGASA 実験においてミューオン数は全ミューオン数、シャワー軸から 600m でのミューオン数密度、1000m でのミューオン数密度を用いて求めている。今までの観測結果では宇宙線エネルギーが増加してもミューオン数が低エネルギー側からの外挿から大きく外れることはなく、KASCADE などの観測結果と consistent であった。本年度はまず GEANT4 9.6 を用いてミューオン検出器の応答について調べた。コンクリートシールドされたミューステーションはこれまでエネルギー閾値 1 GeV としてきたがシミュレーションの結果、約 0.9 GeV であることがわかった。AGASA シンチレータ検出器に併置した鉄でシールドしたミューオン検出器はエネルギー閾値 0.5 GeV としてきたが、今回約 0.4 GeV であることがわかった。観測されたミューオン密度をまとめる際に、AGASA の検出器間隔が 1km であることから、AGASA の宇宙線観測エネルギー領域ではシャワー軸から 1000m での距離でのミューオン密度を求め、空気シャワー横方向発達の AGASA 実験式を用いてシャワー軸から 600m での密度に換算している。また、明野実験で用いているミューステーションと AGASA のミューオン検出器のエネルギー閾値の違いによるミューオン密度の差は実験的に 1.4 倍と求められており、AGASA ミューオン検出器により観測されたミューオン数密度は 1/1.4 倍して 1 GeV 以上のミューオン密度に換算してきた。今回、シミュレーションでも実験と同様にシャワー軸から 600m での 1 GeV 以上のミューオン密度に換算し、宇宙線エネルギーの関数としたミューオン数密度の変化を実験とシミュレーションで比較した。Telescope Array 実験の結果では地表シンチレータ検出器から求めた宇宙線エネルギーと大気蛍光望遠鏡で求めたエネルギーの間に 27% の違いがあり、地表検出器により求めたエネルギーは過大評価されている可能性が指摘されているので、その系統誤差の影響を減らすためミューオン密度と電磁成分密度の比をとって比較した。エネルギー範囲 10^{17} - 10^{20} eV でのミューオン密度比の実験値は CORSIKA v7.4、EPOS-LHC モデルで計算した陽子と鉄で期待される値の間に位置しており、ミューオン過剰の兆候はみられなかった。

整理番号 E25

