

最新のハドロン相互作用モデルを用いた宇宙線原子核組成の研究

大嶋 晃敏 (中部大学)

利用カテゴリ 計算サーバ

申請者は、日印共同の宇宙線実験 GRAPES-3 実験に参加し、高エネルギー宇宙線から生じる空気シャワー現象（粒子カスケード）の観測を通して、宇宙線の起源に迫る研究をおこなっている。空気シャワー観測装置のある観測場所は、インド・デカン高原の南端に位置する Ooty（標高 2,200m）である。現在、世界中で様々なグループによって、宇宙線（ ≥ 10 TeV）に関する研究がおこなわれているが、その多くの部分が未だに解明されていないといっても過言ではない。特に、宇宙線の原子核組成（種々の原子核、 γ 線、電子等）や発生源、空間分布などには多くの謎が残っている。現在 GRAPES-3 実験グループでは、空気シャワー中のミューオン成分を精密に測定するための大型ミューオン検出器の拡張建設が進められている。完成後は世界一の面積（1,120 m²）の検出器となり、宇宙線の原子核組成の解明に威力を発揮すると期待されている。

今年度は、最新の原子核相互作用モデルを空気シャワーシミュレーションに組み込み、ミューオン検出器を用いた一次宇宙線核種の弁別にどの程度影響するのか調べるために、大規模データベースの作成に取り組んだ。空気シャワー中のミューオン成分は、高エネルギー原子核相互作用に強く依存するため、原子核反応モデルの影響を強く受ける。昨年度は複数のモデル（DPMJET・EPOS・NEXUS・QGSJET・SIBYLL・VENUS）を用いたシミュレーションをおこなったが、その中でも SYBILL と QGSJET が他のグループの結果も含めて、多くの観測結果をよく再現することから、今年度はさらに欧州原子核研究機構（CERN）の大型ハドロン加速器（LHC）でおこなわれた LHC-f 実験の結果に基づく、最新の SIBYLL コードによる大規模シミュレーションをおこなった。シミュレーションでは、大気頂上から観測高度（2,200 m）までの空気シャワーを再現し、観測高度で二次粒子のサンプリングをおこない、空気シャワー再構成アルゴリズムを用いて、一次宇宙線の推定（エネルギー、到来方向、種別）をおこなうという流れである。宇宙線のエネルギー範囲は、GRAPES-3 実験の観測可能なエネルギー領域を十分に包含する、 1×10^{12} eV から 1×10^{16} eV とした。このエネルギー範囲に対して常用対数で 20 等分した区間を設定し、各区間に対して宇宙線のエネルギースペクトル（ここでは冪指数 -2.5 ）を考慮した頻度の一次宇宙線を仮定した。この操作を、6 種の宇宙線核種（p、He、N、Al、Fe、 γ ）についておこなった。高エネルギーのハドロン相互作用モデルには、最新のハドロン相互作用モデルを適用した SIBYLL を使い、80 GeV 以下の低エネルギー領域には FLUKA を用いた。

今回のシミュレーションでは、実際に観測される宇宙線の年間統計量を再現することが必要であったが、最終的には 7 割程度に留まった。現在、インド側共同研究者と共に本成果についてまとめているところである。また、次回の申請では、SIBYLL モデルのシミュレーションを完了させ、QGSJET モデルに取り掛かりたい。