

別紙 4

報告番号	※	甲	第	号
------	---	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Measurement of neutron production in the very forward rapidity at LHC $\sqrt{s} = 7$ TeV p-p collision
(LHC における 7TeV 陽子衝突データを用いた超前方中性子生成の測定)

氏 名 川出 健太郎

論 文 内 容 の 要 旨

極稀に到来する超高エネルギーの起源天体や加速機構は宇宙線観測における長年の謎である。超高エネルギー宇宙線はそれらが地球大気との相互作用によって引き起こす空気シャワーを地表で観測し、エネルギー・核種などをシミュレーション計算により求めることで間接的に測定されている。ところが超高エネルギー領域($\sim 10^{18}$ eV)ではシミュレーションに用いる相互作用モデルの検証が十分でないことに起因する不定性が宇宙線観測結果の解釈に不定性を与えている。従って相互作用モデルを高能加速器を用いた実験により補正することが重要である。特に超前方領域での粒子生成は宇宙線による空気シャワーの発達を理解する上で非常である。前方バリオンの生成もまた空気シャワー発達において重要な役割を果たすが、モデルによる不定性が大きい現象であり実験的な検証が望まれている。

LHCf 実験は世界最高エネルギーの LHC 加速器を用いて 1017eV のエネルギー領域で超前方ハドロン相互作用モデルの検証を目的に計画された実験である。ところが LHCf 測定器は電磁シャワーの測定に特化しており、これまでハドロンシャワー検出性能は詳細には評価されていなかった。また LHCf 測定器のような薄く小型な測定器で TeV を超えるハドロンシャワーを測定する例はまれである。そこで本研究では、MC シミュレーションおよび SPS 加速器による 350GeV 陽子ビームを用いて LHCf 測定器のハドロンシャワー検出性能を初めて詳細に評価し、重心系 7TeV 陽子衝突データの解析手法を確立した。

LHCf 測定器は 500GeV \sim 3500GeV の中性子に対して 70%以上の検出効率を持つと積もられた。また中性子のエネルギーを約 40%のエネルギー分解能で決定できることが実験および MC シミュレーションにより確認された。また位置検出層を用いることで中性子の横方向入射位置を

1.3mm 以下の精度で測定可能であることが確認された。SPS 実験データと MC を比較することで 3.5%以下の精度で検出器の絶対エネルギースケールが補正できていることを確認した。本研究によりハドロンシャワー測定に対する LHCf 測定器の有用性が初めて定量的に評価された。

重心系 7TeV 陽子衝突データの解析を行い、超前方領域における中性子のエネルギースペクトルを求めた。本解析では 2010 年 5 月最適な実験条件下で取得したデータを用いた。統計量を表す積分ルミノシティは 0.68nb^{-1} (Arm1 測定器)および 0.53nb^{-1} (Arm2 測定器)であった。中性子事象は本研究のために開発された 2次元粒子弁別手法を用いることで 1TeV 以上の中性子に対して 90%以上の純度で選別された。また多次元 Unfold 法により真のエネルギースペクトルを推定する手法も本研究で確立した。3つの異なる有効領域でエネルギースペクトルを求め、DPMJET3、EPOS、QGSJET II、PYTHIA、SYBILL といったよく知られた相互作用モデルと比較を行った。どのモデルも完璧に実験データを説明できず、実験データはもっとも多い中性子生成量を示した。さらに過去に ISR 加速器および RHIC 加速器で行われた先行研究と x_F スペクトルの比較を行い、誤差の範囲内で無矛盾な結果を確認した。