

別紙 4

報告番 -	※ 甲 第 号
----------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 : Study of contributions of diffractive processes to forward neutral particle production in p-p collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS-LHCf detector
(ATLAS-LHCf 検出器による $\sqrt{s}=13$ TeV 陽子-陽子衝突での超前方中性粒子生成への回折事象の寄与の研究)

氏 名 : 周 啓東

論 文 内 容 の 要 旨

これまでに 10^{20} eV(約 10 ジュール)に達するエネルギーの宇宙線が観測されているが、その起源はいまだに謎である。この謎を解明するには、宇宙線粒子のエネルギーと化学組成を正確に測定する必要がある。宇宙線は大気と反応し、空気シャワーという現象を通して地上で観測されるため、元の宇宙線の性質(エネルギー、化学組成)を正確に決定するためには、大気中でのハドロン相互作用の正確な理解が鍵である。CERN Large Hadron Collider (LHC) 加速器において初めて世界最高の重心系エネルギー $\sqrt{s}=13$ TeV(衝突エネルギー $\sim 10^{17}$ eV)の陽子-陽子衝突の測定が可能となったことで、高エネルギーでのハドロン相互作用、つまり空気シャワー形成の素過程が加速器データにより検証できるようになった。Large Hadron Collider forward (LHCf)実験は、宇宙線シャワーのモデリングで重要な超前方をカバーするサンプリング型シャワー検出器を用いて、ハドロン相互作用の素過程の検証を行ってきた。

これまでの LHCf の測定量が超前方領域に限られているため、実験データとモデルの違いが何に起因するかを特定することが難しかった。本研究では、素過程の違う diffraction と non-diffraction 事象に注目し、13 TeV 陽子-陽子衝突の超前方での中性粒子生成において、シミュレーションを用いてデータとモデルの予測の違いの原因を考察した。特定のモデルが LHCfのデータを再現できないのは、diffraction または non-diffraction 事象の取り扱いに起因

することを特定した。LHCf 検出器は中心検出器とは対照的に、超前方領域をカバーして、diffraction 事象への感度が非常に高い。一方、ATLAS 実験は衝突の中心領域をカバーしており、両実験は相補的である。衝突の中心領域において、diffraction と non-diffraction 事象の終状態粒子の分布の違いを用いることで、LHCf と ATLAS の連動解析によって、diffraction 事象と non-diffraction 事象を選択的に測定できることをシミュレーションで初めて明らかにし、ATLAS 検出器を veto として用いることで、diffraction 事象を約 99%の purity と 30~70%の efficiency で選別する解析手法を確立した。Diffraction 事象の中で low-mass diffraction 事象に対する直接の測定データが存在していないが、本手法により、low-mass diffraction 事象の初めての測定データを与えることが可能となる。

2015 年 6 月に実施された 13 TeV 陽子-陽子衝突において、取得された 0.191 nb^{-1} の積分ルミノシティのデータを用いて、LHCf と ATLAS の連動解析を行った。ATLAS の $|\eta| < 2.5$ の領域での 100 MeV の荷電粒子の数によって、LHCf の $\eta > 10.94$ と $8.81 < \eta < 8.99$ の二つの領域において、diffraction 事象のみに起因する超前方の光子生成スペクトルを初めて明らかにした。この結果をモデルの予測と比較することによって、SIBYLL2.3 モデルが low-mass diffraction 事象の取り扱いに問題があることを明らかにした。

SIBYLL2.3 モデルの pomeron flux を改良することによって、low-mass diffraction 事象による超前方での光子生成量がデータをよく再現できることがわかった。これによって、diffraction 事象のモデリングにおいて pomeron flux が非常に重要パラメーターであることがわかった。この改良は宇宙線の空気シャワー発達に寄与が大きい inelasticity に直接的な影響を与える。具体的に、一次宇宙線の化学組成の決定で用いられるパラメーター X_{max} に対する補正量を見積もり、 5.16 g/cm^2 を得た。この補正は、宇宙線の化学組成が陽子である場合に、その決定の系統誤差に対して約 25%の影響となる。