

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	八 野 哲
学位授与の要件	学位規則第 4 条第①・2 項該当		
論文題目			
<p style="text-align: center;">Neutral Pion Production in Proton+Proton Collisions at $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$ and Insight into Hadron Production Mechanism</p> <p style="text-align: center;">(重心系エネルギー 8 TeV の陽子+陽子衝突における中性 π 中間子の測定とハドロン生成機構への知見)</p>			
論文審査担当者			
主 査	准教授	志垣 賢太	
審査委員	教 授	大川 正典	
審査委員	教 授	杉立 徹	
審査委員	教 授	深澤 泰司	
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文は、重心系衝突エネルギー 8 TeV での陽子+陽子衝突において、二光子崩壊過程を用いて中性 π 中間子の生成断面積を広い運動学領域に亘り測定し、摂動計算模型および他の衝突エネルギーでの同種測定との比較検討と併せ、高エネルギー陽子+陽子衝突における粒子生成機構に新たな知見を与えるものである。</p> <p>量子色力学は、高温・高密度下において素粒子であるクォークが閉込めから解放された物質状態を予言する。米国ブルックヘブン国立研究所 RHIC 加速器を用いた高エネルギー原子核衝突実験により、クォーク・グルーオン・プラズマ相と呼ばれるこの物質状態の存在が示された。さらに RHIC 加速器の 28 倍までの衝突エネルギーを実現する欧州合同原子核研究機構 (CERN) LHC 加速器が稼働し、より高温、大容量、長寿命のクォーク物質相を生成して、同相の性質に対する系統的探究が進む。当該課題の有力な探針として、高横運動量粒子の収量抑制が挙げられる。高横運動量粒子は、主として衝突初期の硬散乱により張られる強い相互作用の色場の破碎 (ジェット機構) から生じる。一方で、摂動量子色力学はジェット機構に加えて初期散乱からの直接的な粒子生成 (直接生成機構) も予言する。二つの生成機構の競合は、高横運動量粒子の収量抑制測定から導かれる物理描像を左右するため、両者の実験的分離は高温クォーク物質の性質解明に向けて有用な研究課題である。</p> <p>著者は LHC 加速器 ALICE 実験を推進し、重心系衝突エネルギー 8 TeV での陽子+陽子衝突実験において、二つの重要な測定解析を行った。第一に、二光子の不変質量分布の運動力学的再構成、背景雑音成分の差引、検出器幾何効率および事象選別効率の補正などを経て、中性 π 中間子の生成量を広範な横運動量領域 (1.0 – 30 GeV/c) で測定した。特に、高精度電磁検出器による高エネルギー光子トリガを用いて取得したデータの解析手法を確立し、高横運動量領域を拡大した。また、ALICE 実験における他の中性 π 中間子検出手法との統合により、更に幅広い横運動量領域 (0.3 – 35 GeV/c) の測定結果を纏めた。第二に、ビーム分離法を用いて LHC 加速器の瞬間輝度を測定し、ALICE 実験における種々</p>			

の物理過程の断面積絶対値測定の基準となる、陽子+陽子反応断面積を測定した。さらに、これらの実験結果に基づき、測定した生成微分断面積と、ジェット機構に基づいて RHIC 加速器エネルギーでの実験結果をよく説明する摂動計算模型との比較から、LHC 加速器エネルギーでは最大 50%程度もの差異を発見した。この差異を説明し、また物理解釈を導くため、著者は既存の異なる衝突エネルギーにおける中性 π 中間子生成量の横運動量分布を含めた比較検討を行い、同分布の衝突エネルギー依存性からスケーリング則に現れる次数を求める手法により、RHIC 加速器エネルギーにおける高横運動量粒子生成にはジェット機構と直接生成機構の双方が寄与しており、LHC 加速器エネルギーでは前者の寄与が支配的であると結論付けた。衝突エネルギーの増加に伴う直接生成機構の寄与減少は、粒子生成に関与する核子内のクォークおよびグルーオンの運動量分布と寄与の大きい運動量領域の変化により、LHC 加速器ではグルーオン相互散乱が支配的となるためと理解できる。これにより、RHIC 加速器エネルギーでは硬散乱したクォークのエネルギー損失に加えて直接生成粒子のエネルギー損失も併せて考慮の必要があるが、さらに 1 桁高い LHC 加速器エネルギーにおいては前者がより純粋に観測可能であると結論した。

本論文は、世界最高エネルギー領域での陽子+陽子衝突における中性 π 中間子の二光子崩壊過程に着目して詳細な測定と解析を行い、また衝突型粒子加速器における輝度測定による新規衝突エネルギーでの反応断面積基準測定と併せて、同粒子について広範な横運動量領域で生成微分断面積の絶対値測定を実現したものであり、さらに摂動計算模型および他の衝突エネルギーでの同種測定との比較検討により、高エネルギー陽子+陽子衝突における粒子生成機構に重要な知見を与えるもので、高い学術的価値を有する。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（理学）の学位を授与される十分な資格があるものと認める。

公表論文

- (1) π^0 and η meson production in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV, S. Acharya, S. Yano, *et al.*, Accepted by The European Physical Journal C, arXiv:1708.08745 [hep-ex] (2017).
- (2) ALICE luminosity determination for pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV, S. Acharya, S. Yano, *et al.*, CERN, ALICE Public Note, ALICE-PUBLIC-2017-002 (2017).

参考論文

- (1) Production of π^0 and η mesons up to high transverse momentum in pp collisions at 2.76 TeV, S. Acharya, S. Yano, *et al.*, The European Physical Journal C 77:339 (2017).
- (2) Neutral pion and η meson production in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 0.9$ TeV and 7 TeV, B. Abelev, S. Yano, *et al.*, Physics Letters B 717, 162172 (2012).