

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	大久保 翼												
学位授与の要件	学位規則第 4 条第① 2 項該当														
<p>論文題目</p> <p style="text-align: center;">Neutral pion measurement in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV (核子対あたり重心系衝突エネルギー5.02TeV の陽子+鉛原子核衝突における 中性パイ中間子の測定)</p>															
<p>論文審査担当者</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="padding: 5px;">主 査</td> <td style="padding: 5px;">教 授</td> <td style="padding: 5px;">杉立 徹</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">審査委員</td> <td style="padding: 5px;">教 授</td> <td style="padding: 5px;">大川 正典</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">審査委員</td> <td style="padding: 5px;">教 授</td> <td style="padding: 5px;">小畠 康史</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">審査委員</td> <td style="padding: 5px;">准教授</td> <td style="padding: 5px;">志垣 賢太</td> </tr> </table>				主 査	教 授	杉立 徹	審査委員	教 授	大川 正典	審査委員	教 授	小畠 康史	審査委員	准教授	志垣 賢太
主 査	教 授	杉立 徹													
審査委員	教 授	大川 正典													
審査委員	教 授	小畠 康史													
審査委員	准教授	志垣 賢太													
<p>[論文審査の要旨]</p> <p>自然を理解したいという人類の願いは途切れることがない。一般相対性理論は重力波を予言し、連星ブラックホール合体の証しとして重力波が直接観測されたのは記憶に新しい。素粒子物理学分野では長年待ち望まれてきたヒッグス粒子が発見され、同粒子の存在を仮定して素粒子の質量獲得機構を提言してきた理論家達をも感動させた。最先端の科学は宇宙の謎に迫る。私たちの宇宙がその誕生直後に経過した QCD 相転移を実験的に再現し、量子多体系の運動学を理解するなかで極初期宇宙に起こった物理現象を解き明かそうとする挑戦もそのひとつである。国際共同研究 ALICE 実験はこの命題に挑む最先端の高エネルギー原子核衝突実験であり、本著者は同実験組織の一員として本研究成果を挙げた。</p> <p>ALICE 実験は欧州 CERN 研究所最先端 LHC 加速器を活用し、史上最高衝突エネルギーの陽子+陽子反応、陽子+鉛原子核衝突、鉛+鉛原子核衝突を通してクォーク多体系の特徴である QCD 相転移現象を系統的に探索する。相転移に関与するあらゆる現象を検出できるよう様々な検出器を実装する。なかでも高分解能電磁カロリメータ PHOS は本学研究者がロシア他と国際共同建設し導入した超精密な GeV 領域フォトン検出器であり、著者は実験現場にて同検出器の運用・調整・改善に多大な貢献を果たしながら同検出器データを中心とした物理解析に中核的な役割を担った。</p> <p>著者は、ALICE 実験が陽子+鉛原子核衝突をはじめて収集した 2013 年の非選択的データ(minimum-bias trigger)から 2 光子に崩壊する中性パイ中間子生成を抽出し、物理解析を行う責任を担った。PHOS 検出器を構成する 1 万本を超える検出素子を十分慎重にエネルギー較正した後、同検出器で測定した光子対候補のエネルギーと光子対の開き角</p>															

度から親粒子の不変質量と運動量を再構成した。不変質量分布に必然的に含まれる親違いの背景事象は事象混合法を開発して精度良く差し引き、1GeV/c から 20GeV/c までの広い横運動量領域で中性パイ中間子を同定し収量分布を得た。実験データを近似する事象生成機能と検出器応答を再現する GEANT シミュレーション計算手法を並行して開発し、検出器の幾何学的効果や光子再構成効率などの補正法を確立した。同手法を収量分布に適応することにより、検出器に依存しない中性パイ中間子の不変生成量分布を導出することに成功した。しかも、系統的誤差を全横運動量領域で約 6.5%にまで抑え込んだ成果は特筆に値する。

LHC 加速器実験では ALICE 実験データを検証する競合の実験が存在しないため、実験データの確証作業は公表前に自らの検出器群を使って充分慎重に行う必要がある。同衝突系に於ける中性パイ中間子生成量測定には著者が主導した PHOS 検出器解析以外に、大型電磁カロリメータ EMCal を使った測定、崩壊光子対の電子陽電子崩壊チャンネルを利用した PCM (Photon Conversion Method) 測定、更に Dalitz チャンネルに PCM を適用した測定が挙げられた。それぞれの手法には一長一短があり、短所を補いながら長所を取り入れて不変生成量分布に不整合が生じていないことを著者も含めて慎重に検討した。その後、これらを統合した不変生成量分布を導出した。流体計算を基にした最新の理論モデル EPOS3 は 10GeV/c 以下の横運動量で不変生成量分布を再現するが、高い運動量領域で徐々に測定結果との不一致が顕著となり、理論モデルの改善が必要であることをはじめに指摘した。

次に、中性パイ中間子の原子核抑制係数の導出を行った。同係数は原子核衝突における生成量を陽子+陽子反応の生成量で規格化したもので、もし、原子核衝突事象が陽子衝突事象の重ね合わせで記述できるものであれば、同係数は規格値 1 となる。著者等が導出した原子核抑制係数は 2GeV/c 以上で 1 と矛盾無く、鉛+鉛原子核衝突で観測した強い抑制は陽子+鉛原子核衝突では再現していないことを結論づけた。この結論は同衝突系に於ける荷電パイ中間子他の実験結果と矛盾することなく、又、摂動的量子色力学による理論計算等とも無矛盾な結論であることを明らかにした。

このように、本研究は史上最高衝突エネルギーの陽子+鉛原子核衝突が創る高温物質の様相を初めて明らかにしたもので、これらの成果は、クォーク物理学分野の研究発展に大きく貢献するものとして、高い学術的価値が認められる。

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

- Neutral meson production in pp, p-Pb and Pb-Pb collisions with ALICE at the LHC, Tsubasa Okubo on behalf of the ALICE collaboration, Accepted for publication in Nuclear and Particle Physics Proceedings by Elsevier.

【査読有】【印刷中】

参考論文

- Direct photon production in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV, J. Adam et al. ALICE Collaboration, Physics Letters **B754** (2016) 235–248.
- Multiplicity dependence of charged pion, kaon, and (anti)proton production at large transverse momentum in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV, J. Adam et al. ALICE Collaboration, Physics Letters **B760** (2016) 720–735.