

【基盤研究(S)】

理工系(数物系科学)



研究課題名 クォーク物性を解き明かす ALICE 実験フォトン物理の 展開

広島大学・大学院理学研究科・教授

すぎたて とおる
杉立 徹

研究課題番号: 26220707 研究者番号: 80144806

研究分野: 素粒子、原子核、宇宙線、宇宙物理

キーワード: クォーク物質、フォトン物理、ALICE 実験、クォークグルーオンプラズマ、QGP

【研究の背景・目的】

高エネルギーに加速した重い原子核を正面衝突させ、極微少な空間に膨大なエネルギーを注ぎ込む。空間は一気に加熱され沸騰し、真空から対生成した大量のクォークとグルーオンが渾然一体となった塊を創る。小さなビッグバンの再現であり、極初期宇宙空間は約 10 マイクロ秒後に起きた QCD 相転移まで、このクォーク物質で満ちていた。この物質の非摂動的な QCD 相互作用が生み出す性質は、量子色力学が確立した現在でも予想することは難しい。私たちの米国 RHIC 加速器実験に於ける完全流体的性質の発見は理論的な予想を超えるものであった。

2009 年始動した欧州最新鋭 LHC 加速器に於いて、私たちはその全容解明に向けた挑戦を継続する。これまでの成果から、全くの異分野と捉えてきた極低温原子凝縮物性との関連性も垣間見え、AdS/CFT 理論の展開と併せて大きな注目を集めている。本研究は LHC 加速器が最高性能を発揮する第 2 期衝突実験全期間を包括し、わが国の大学研究組織が特色を培って推進してきた ALICE 実験フォトン物理を展開する。

【研究の方法】

私たちのアイデアと技術を活かして欧州 CERN 研究所 ALICE 国際共同実験(図 1)に建設導入した高性能フォトン検出器 PHOS 及びジェット対電磁カロリメータ DCAL を主要測定器とし、未踏エネルギー領域のクォーク物性を追求する。先行研究で策定した PHOS 検出器高度化案を本実施計画に繰り込む。PHOS 検出素子からの出力信号を数値化する初段回路(FEE)からデータ集積装置へデータ転送する方式を大幅に改良し、2015 年初めに予定する第 2 期衝

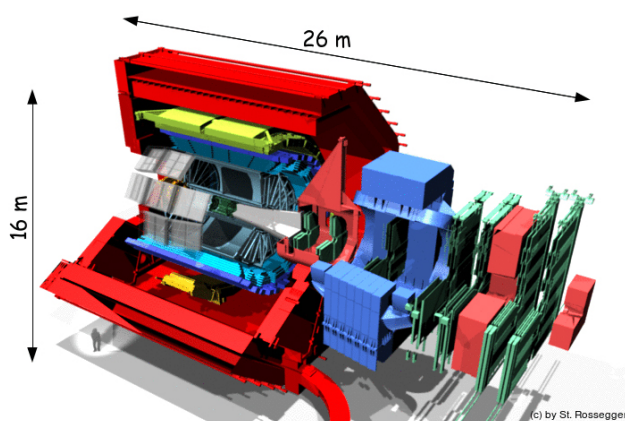


図 1 ALICE 実験装置

突実験開始までに読み出し速度を現行の約 50 倍高速化し、高輝度衝突に対応すると同時に高統計データ収集を担保する。

DCAL と対向する大型電磁カロリメータ EMCAL との間でジェット対相関測定を初めて行い、クォーク物質の強大な阻止能の結果失われたパートンエネルギー散逸量と方向を充分低い閾値まで正確に測定し、ジェット抑制機構を解き明かす。PHOS はエネルギー分解能及び 2 粒子分離分解能とも圧倒的に優れ、他実験を寄せ付けない精密な GeV 領域フォトン検出器である。この特徴を活かして単光子エネルギー分布を測定し、熱輻射光子成分からクォーク物質の熱統計力学状態を初めて特定し全容解明に迫る。

【期待される成果と意義】

LHC 加速器第 2 期衝突実験を完遂し、ジェット対相関によるジェット抑制機構解明、及び熱輻射光子測定によるプラズマ構成量子特定に焦点をあてた独創的な研究成果を輩出する。第 3 期衝突実験に向けた超前方フォトン検出器 FOCAL の実証機開発研究を進め、Bjorken- $x < 10^{-3}$ という未開領域のパートン分布関数に迫る新たなフォトン物理を切り拓く。

本研究の意義は非摂動的 QCD 現象を理解するに留まらず、より理想的なクォーク量子多体系の物性を極め、基礎理論の深化発展とともに新たな学問分野を切り拓く先駆性にある。近い将来、普遍的な拡がりをもつ新たな学術分野「強く相互作用する量子多体系」が開花することを期待する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- 杉立徹, 「LHC 原子核衝突実験; クォーク物質を探る」, パリティ 27 巻 1 号 47-49 頁, 2012 年
- ALICE collaboration, “The ALICE experiment at the CERN LHC”, Journal of Instrumentation 3, S08002 (2008).
- ALICE collaboration, “Neutral pion and eta meson production in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 0.9$ TeV and $\sqrt{s} = 7$ TeV”, Physics Letters B717, 162-172 (2012).

【研究期間と研究経費】

平成 26 年度 - 30 年度
141,200 千円

【ホームページ等】

<http://www.hepl.hiroshima-u.ac.jp>