

【基盤研究(S)】 大区分B



研究課題名 LHC 超前方光子測定によるグルーオン飽和と QGP 生成起源

筑波大学・数理物質系・講師
ちゅうじょう たつや
中條 達也

研究課題番号： 20H05638 研究者番号：70418622

キーワード： カラーグラス凝縮、QGP、ALICE 実験、LHC 加速器、シリコン電磁カロリメータ

【研究の背景・目的】

素粒子に働く「強い力」を記述する量子色力学 (QCD) において、未発見な状態が存在する。「カラーグラス凝縮 (CGC)」である。この状態は QCD が予言する高密度グルーオン物質であると同時に、高エネルギー重イオン衝突で出現するクォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) の初期状態を与え、我々の「強い力」の理解の根源に関わっている。

これまで多くの探査が行われてきたが、明確なシグナルは得られていない。我々は高粒子密度下でも透過プローブを捉えることができる、高精細シリコン電磁カロリメータ検出器「FoCal」を開発した。

今回、この FoCal の一部を LHC 加速器 ALICE 実験の前方に先行して建設設置し、中性中間子測定と既存の ALICE 検出器を駆使することにより、CGC の存在を実験的に探査する。重イオン反応で出現する QGP の生成起源、早期熱化機構を解明する。日本チームが主導する新しい国際共同実験である。

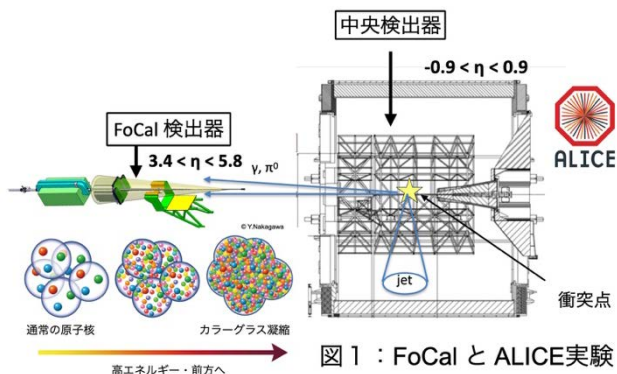


図1：FoCal と ALICE 実験

【研究の方法】

CGC の明確なシグナルを得るためには、(1) 超前方方向 (ビーム軸ゼロ度方向) の測定、(2) 高エネルギーの重い原子核ビームの使用、(3) グルーオン密度に敏感なプローブの識別、の3点が重要である。

そこで本研究では、世界最高エネルギーの鉛原子核ビームを供給することができる加速器 LHC (Large Hadron Collider・CERN 研究所 (スイス)) を用い、ALICE 実験の超前方方向に FoCal を設置し、グルーオン密度に敏感なプローブである光子を世界で初めて捉える。日本がプロジェクトを主導し、FoCal におけるエネルギー測定的主要部である「FoCal-E PAD」検出器を製作する。さらに2024年の LHC 第3稼働機・最終年に、製作した FoCal モジュールの一部

を ALICE 実験に先行して導入し、初期物理データを取得、データ解析を行う。

【期待される成果と意義】

今回導入する FoCal 検出器と、既存の ALICE 検出器群を用いて、主に π^0 中間子とその相関測定から、以下の点を明らかにする。(1) グルーオン密度の飽和がどこで出現するのか (カラーグラス凝縮 CGC の発見)、(2) 小さな衝突系で現れるリッジ構造について、より広範囲な $\Delta\eta$ 領域、かつ透過的なプローブで探査する (QGP 生成の起源、早期熱化機構)、(3) 超前方領域 ($3.5 < \eta < 4.5$) におけるジェット抑制効果の世界初測定 (Pb-Pb)、前方 QGP 流体発展。

これらの知見は、重イオン衝突における QGP 生成メカニズムの全容を明らかにし、量子色力学的相関の新展開が期待される。技術面ではプロトン CT など、新しい医療応用の可能性がある。

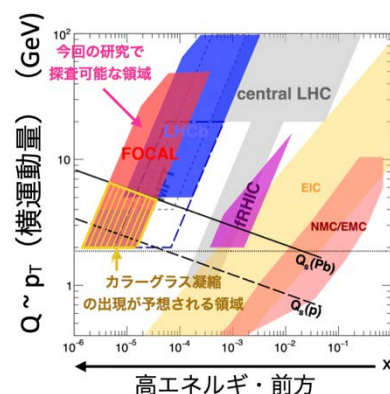


図2：FoCal で探査する新しい領域

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Letter of Intent: A Forward Calorimeter (FoCal) in the ALICE experiment, ALICE Collaboration (T. Chujo et al.), CERN-LHCC-2020-009, LHCC-I-036, ALICE-PUBLIC-2019-005.
- S. Acharya, T. Chujo et al., ALICE Collaboration, "Measurement of charged jet cross section in pp collisions at $\sqrt{s} = 5.02$ TeV", Phys. Rev. D 100 (2019), 092004.

【研究期間と研究経費】

令和2年度～6年度 149,800 千円

【ホームページ等】

<http://alice-j.org>
chujo.tatsuya.fw@u.tsukuba.ac.jp