

1. 研究課題名：クォーク物質創成とフォトン物理

2. 研究期間：平成18年度～平成22年度

3. 研究代表者：杉立 徹（広島大学・大学院理学研究科・教授）

4. 研究代表者からの報告

(1) 研究課題の目的及び意義

高エネルギー原子核衝突実験は、静止質量の数万倍もの運動エネルギーをビーム原子核に与え、ふたつの原子核が正面衝突した極小空間に莫大なエネルギーを注入する。その空間は物質密度をほとんど零のまま急激に加熱され、10兆度にも達するクォーク・反クォークとグルーオンからなるクォーク物質を形成する。このとき創る状態は、宇宙創生の直後、僅か数十万分の一秒後の私たちの宇宙（クォーク・グルーオン・プラズマ相）を再現する。これまでの研究から、このクォーク物質が強く相互作用する完全流体的であることがわかり、「宇宙の誕生しづくから？」（平成17年4月19日朝日新聞）等と社会的にも関心を集めた。

本研究は、現在稼働中のRHIC加速器より遙かに高い衝突エネルギーを実現するCERN研究所LHC加速器において、核子対あたりの衝突エネルギー5.5TeVの鉛+鉛原子核衝突から史上最高温度のクォーク物質を創成し、ALICE国際共同研究のなかで光子検出が鍵となるフォトン物理に焦点を絞り推進する。物質の究極的な姿形を追求するという先人から引き継いだ努力の中で、クォーク物質の研究を“発見”から定量的な“理解”へ展開させる役割を担う。今日までの電磁相互作用による物質概念を打ち破り、色相互作用により“強く”結びついたクォーク物質の概念を構築し、新たな学問パラダイムを切り開く。色荷による相互作用がその“強さ”の特徴を最も明示的に露呈する非摂動現象であり、量子色力学の完全理解に向けた世界的な研究動向である。

(2) 研究の進展状況及び成果の概要

ALICE実験PHOS検出器は5基の独立したPWO電磁カロリメータモジュールから構成する。第1モジュールの最終組み立て及びエネルギー較正実験を行い、目標としたエネルギー分解能(3%/√E)を達成していることを確認した。2007年8月にLHC加速器ビーム衝突実験地点(P2)に移動し、ALICE実験装置に組み込む。翌年5月に始まるLHC加速器始動期間を経て世界初の14TeV陽子+陽子衝突にてフォトン物理を遂行する。第2モジュール以降の組み立てに供するAPD光学素子及び前置増幅器他の国内製作を開始した。第2及び第3モジュールの組み立てを2007年9月に開始し、翌2008年秋までにALICE実験装置への組み込みを計画する。2009年に予定する初めての鉛+鉛原子核衝突の物理測定に3基のモジュールで望むことを期待している。

世界各研究機関に分散する高性能計算機を高速ネットワークで強結合するWorldwide LHC Computing Grid(WLCG)の構築を進めている。広島大学にWLCG地域解析センター(Tier-2)を立ち上げ、実験シミュレーションによるデータ解析の検討を進めた。日本チームのための国内解析拠点としての機能はもとより、グローバルな解析体制の構築と推進に寄与する。以上のように、LHC加速器の建設と平行して実験装置の建設段階なので、実験結果を議論できる状況にはないが、本研究開始以来、学術論文及び書籍各1編、国際会議及び学会等に於いて10編の報告を行った。LHC加速器始動に多少遅延が生じているものの、本研究計画は順調に進展している。

5. 審査部会における所見

A (現行のまま推進すればよい)

世界最高エネルギー重イオン衝突加速器LHCを用いた実験ALICEにおいて、宇宙創成直後に形成されたと考えられるクォーク・グルーオン相の物理を明らかにするために、実験装置の建設が順調に進められている。特に、本研究の核となる重イオン衝突で発生する光子を検出する電磁カロリメータ(PHOS検出器)の開発は着実に進み、動作試験も行われ所定の性能を有していることが確認された。当初懸念されたロシア・中国による蛍光ガラスや電子回路部品の製作も順調であり、実験開始に向けて国際協力も円滑に進められている。大規模実験グループの中で先駆けて物理成果をだすために重要なデータ解析センターを大学内に立ち上げた。CERNとの覚え書き協定書を締結し、それに基づいて大学本部が積極的に対応しており、国際共同実験における研究が問題なく推進されている。以上により、現行のまま進行すればよいと判断した。