

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05462

研究課題名(和文)大立体角ガンマ線検出器を用いたハドロン相互作用の解明

研究課題名(英文)Study for hadron interaction using large acceptance electromagnetic calorimeters

研究代表者

宮部 学 (Miyabe, Manabu)

東北大学・電子光物理学研究センター・助教

研究者番号：10613672

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は大立体角電磁カロリメータ-BGOeggと新たに開発するForward Gamma (FG)検出器群を用いてハドロン相互作用を解明することを目的としている。BGOegg前方には不感領域があり、これを克服するためFG検出器を導入した。最終年度までにFG検出器本体の修理・性能評価を行い、LEPS2実験棟のBGOegg下流域に設置し実際のビームを照射して動作試験を行った。残念ながら同時実施予定のLEPS2/Solenoid実験とのビームタイムスケジュールの調整上、本研究に必要な長期間の測定を本年度は行うことができなかったが、令和2年度の本測定に向けてほぼ準備が完了し測定開始予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で新たに導入した電磁カロリメータ-BGOegg及びFG検出器は世界的に見ても希有な性能を誇る検出器であり、ハドロン相互作用の研究に於いてよく用いられる数GeV程度のエネルギー領域では世界最高性能を達成している。これらの検出器は今後何年にもわたって使用される予定であり、その他国内外を問わず実験核物理や素粒子実験の分野で行われる実験に対して重要なデータを提供することができたと考えられる。また今後本測定を行いグルーオンの性質を明らかにすることで標準理論に対する重要な知見を与えることになる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to shed light the interaction of hadrons using a large solid angle electromagnetic calorimeter, BGOegg, and a newly developed Forward Gamma (FG) detectors.

There is a insensitive region in front of BGOegg, and FG detector was introduced to cover it. By the end of the last fiscal year, the FG detector itself was repaired and its performance was evaluated, and it was installed in the downstream area of BGOegg at the LEPS2 experimental building and irradiated with an actual photon beam to perform an operation test. Unfortunately, due to the adjustment of the beam time schedule with the LEPS2/Solenoid experiment scheduled to be conducted at the same time, it was not possible to perform long-term measurement in this fiscal year, which is necessary for this research. The preparations are almost complete and the measurement is scheduled to start in 2020.

研究分野：実験核物理

キーワード：実験核物理 ハドロン相互作用 電磁カロリメータ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

標準理論では強い相互作用はQCDで記述され、その性質からクォークや力を媒介する粒子であるグルーオンは単体で観測できない(クォークの閉じ込め)ことが知られている。この枠組みの中でグルーオンが複数結合することによって全体が無色になった状態をグルーボール(glueball)とよび、最新の格子ゲージ理論などでもその存在が予言されており、世界各地でこれを探するための意欲的な実験的研究が行われているが、いまだ決定的な証拠は得られていない。

### 2. 研究の目的

本研究では光子ビームによるメソンの直接生成過程を測定し交換される粒子の性質を調べることでグルーボール探索を行いQCDの検証を行う。グルーボールが見つかり、グルーオンの性質が明らかになり量子色力学の正しさが決定的なものとなる。

本研究の目的は世界最高性能のガンマ線検出器BG0eggと前方PWO検出器を用いて、強い相互作用を担う粒子であるグルーオンの性質を解明することである。

### 3. 研究の方法

本研究では光子ビームを用いたメソンの直接生成過程を精密に測定することで散乱過程において交換される粒子の性質を詳しく調べ、グルーボールの性質を明らかにする。

メソンの光生成過程ではグルーオン偶数個の交換であるポメロン交換(ベクトル中間子生成)と奇数個のグルーオン交換であるオデロン交換(テンソル中間子生成等)が考えられ、これらがグルーボールを構成すると考えられている。

特にオデロン(交換)はポメロンの自然な拡張から理論的に予想されているにもかかわらず実験的には発見されていない。

本研究ではテンソル中間子  $f_2(1270)/a_2(1320)$  の光生成過程を詳しく調べることでグルーボール(ポメロン・オデロン)の性質を明らかにする。

光子ビームを用いた実験は反応機構が簡単なことから、ハドロンビームを用いた実験と比べ実験結果を解釈する上で理論的な不定性が少ない。偏極光子ビームを用いた中間子生成では崩壊粒子の非対称度から生成過程で交換する粒子(グルーボール)のスピン情報が得られる。本研究の優位な点は高いエネルギー分解能(1GeVのガンマ線で $\sim 1.3\%$ )を持つ大立体角検出器BG0eggを用いることにもある。 $f_2(1270)$ や $a_2(1320)$ は2つ以上の中間子に崩壊し多数のガンマ線を放出する。これらのガンマ線からバックグラウンドを極力排除して目的の中間子を測定することができる。またBG0eggは前方24度以降しか覆っていないためこれを補うため新規に252本のPWO検出器を設置し前方をカバーする。光子ビームのエネルギーが高いため前方方向に多数放出されるガンマ線の多くを検出することができる。

### 4. 研究成果

本研究の主検出器であるBG0egg前方の不感領域は影響が大きい。不感領域に生成ガンマ線が逃げるとバックグラウンドを増大させてしまう。これらを克服するためFG検出器を導入した。FGは20放射長のPWO結晶252本から構成され角度分解能2度以上で生成ガンマ線を測定することができる。

最終年度までにFG検出器本体の修理、性能評価を行い所定の性能が確認されたため検出器本体をLEPS2実験棟のBG0egg下流域に設置し実際のビームを照射して動作試験を行うことに成功した。最終年度は準備の最終段階としてFG検出器の読み出し回路の設置を行った。全ての作業は同じSPring-8のLEPS2実験棟で行われているLEPS2/Solenoid実験と同時実施できないため、Solenoid実験の間隙を縫う形で本実験のための準備を行った。またFGの信号ケーブル配線を行い全てのチャンネルでADC読み出しが可能になった。

FG検出器本体に加えて荷電判別用ホドスコープやビーム形状測定用モニターを製作し評価試験を行った。LEPS2の高エネルギーガンマ線ビームは電荷を持たないため各イベント毎のビームの入射位置を特定することができない。そのためビーム形状と位置を正確に測るためビームプロ

ファイルモニターを設置し定期的に測定することが求められる。

残念ながらSolenoid実験とのビームタイムスケジュールの調整上、本研究に必要な長期間の測定を本年度は行うことができなかったが、令和2年度の本測定開始に向けておおよその準備が完了し測定開始に備えて残るデータ収集系の整備を現在も行っている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 上田 惟行
2. 発表標題 BGOegg実験用前方荷電粒子判別検出器の開発
3. 学会等名 日本物理学会 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----