

研究種目： 特別推進研究

研究期間： 2007～2011

課題番号： 19002003

研究課題名（和文）

光子ビームによるクォーク核物理の研究

研究課題名（英文）

Quark Nuclear Physics with a Photon Beam

研究代表者

清水 肇 (SHIMIZU Hajime)

東北大学・電子光理学研究センター・教授

研究者番号： 20178982

研究分野： 数物系科学

科研費の分科・細目： 物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード： クォーク核物理、カイラル対称性、バリオン共鳴、ペンタクォークバリオン、
エータメソン光生成、BSO 単結晶、BGO 単結晶、電磁カロリメータ

1. 研究計画の概要

光子ビームを用いたクォーク核物理の研究を推進することが本研究全体の目的である。特に、重水素を標的とするエータメソン光生成反応の全断面積に現れた幅の狭いバリオン共鳴の素性を明らかにすることを目指す。これらの目的達成のため、全立体角を覆う電磁カロリメータ FOREST を建設し、データ収集・解析を行う。そして、これらの経験を踏まえ、次期電磁カロリメータ BGOegg を建設する。

2. 研究の進捗状況

本研究では、所期の目的を達成するために、次の主な行程を踏む。

- (1) 電磁カロリメータ FOREST の建設
- (2) FOREST 用固体／液体水素標的の開発
- (3) 高速データ収集システムの開発
- (4) FOREST によるデータ収集・データ解析
- (5) 次期電磁カロリメータ BGOegg の建設

(1)については、FOREST に付随する荷電粒子検出器群も含めて完成している。(2)については、純アルミパイプを用いることによって冷凍機から約1m離れた標的点で4.7Kを達成し、内径61mmφ、厚さ40mmの安定した固体／液体水素標的を実現した。(3)は、ゼロから出発して全く新しいデータ収集システムを構築し、2kHzのトリガーに対して、76%のデータ収集効率を達成した。なお、このときの平均データサイズは、1イベント当たり2.6kBであった。

現在は、(4)の行程に入っており、本格的データ解析モードに突入している。なお、この

モードに入る前の段階では、その時点のデータを用いて電磁カロリメータのエネルギー校正や位置決定関数を決める作業を行ってきた。あらゆる準備研究は、「解析ノート」に随時まとめられている。今日までに積み上げられた解析ノートは、No. 170を数え、10編ずつ適宜印刷製本して誰もが使えるようになっている。現時点で、No.149までの15冊が製本されている。

(5)の次期電磁カロリメータについては、当初大型BSO単結晶を用いる方向で動いた。これが実現できれば、世界初の大型BSO電磁カロリメータが誕生する筈であった。中国とロシアの企業に大型化の技術導入を行い、適宜技術者の派遣など行ってきたが、時間切れで今回の使用を断念せざるを得なかった。その結果、本研究ではBGOを採用することになり、2009年8月より本格大量導入となった。現在までに、全本数の半分の630本のBGO単結晶が納入済みである。残りの半分は2010年度中に納入予定である。

3. 現在までの達成度

区分② 電磁カロリメータ FOREST の建設については、非常に順調に当初の計画通りに進んだ。加速器のトラブルや実験スケジュールの関係で、データ収集に至るまでには多少の遅れはあったものの、現時点ではほぼ計画通りにデータ収集・データ解析が行われている。次期電磁カロリメータ BGOegg の建設では、当初出遅れたが、2009年度の納入が計画通りに進み、建設計画としては約半年遅れに留まった。

4. 今後の研究の推進方策

電磁カロリメータ FOREST は順調に稼働している。これを用いて得られたデータは、エータメソン光生成反応以外にも色々な物理チャンネルを含んでおり、これらのチャンネルの解析も順次行って行く予定である。このとき、同じ実験セットアップの下で異なるトリガー条件の実験を行う必要性が生じる可能性が高い。そこで、この時点で当初の予定通り FOREST を解体して BGOegg に切り替えることが最良かどうかを検討した。その結果、当面 FOREST を今のまま温存してデータ収集を続けつつ、一方で BGOegg を SPring-8/LEPS に設置する可能性を見いだした。この計画については、既に LEPS 関係者と議論を進めている。LEPS 入射光子のエネルギーは高いけれど、パイ0とエータメソンを同時に生成する過程を利用できる。即ち水素標的を用いて現在問題となっているバリオン共鳴を研究できるメリットがある。この過程は又、バリオンのカイラル対称性の研究にも用いられる。クォーク核物理分野では、本研究の一つのテーマとなっているペンタクォークバリオンの研究と共に、メソン・バリオンのカイラル対称性も重要なテーマであり、FOREST と BGOegg を両方使い分けることで、我が国のクォーク核物理研究推進の礎とする心算である。これらの電磁カロリメータは、当該特別推進研究終了後は全国共同利用に供することになる。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 16 件)

1. η photo-production on the deuteron at LNS, Tohoku University, T. Ishikawa, Proceedings of International Symposium on Strangeness in Nuclear and Hadronic Systems (2009) 101-107, 査読有.
2. π^0 photoproduction on the deuteron for photon energies from 0.58 to 1.15 GeV, F. Miyahara, T. Ishikawa, J. Kasagi, H. Shimizu, H. Yamazaki et al., Nucl. Phys. Rev. 26 Suppl. (2009) 104-108, 査読有.
3. EM calorimeter complex FOREST for π^0 and η photoproduction experiments at LNS Sendai, K. Suzuki, H. Fujimura, T. Ishikawa, J. Kasagi, H. Shimizu, H. Yamazaki et al., Modern. Phys. Lett. A24 (2009) 978-981, 査読有.
4. $N^*(1670)$ observed at LNS, Sendai, H. Shimizu, T. Ishikawa, J. Kasagi, H. Yamazaki et al., 11th Workshop on the physics of excited nucleons (NSTAR2007), Springer-Verlag (2008) pp.65-69, 査読有.

5. Narrow resonance at $E_\gamma=1020$ MeV in the $D(\gamma,\eta)pn$ reaction, F. Miyahara, J. Kasagi, T. Ishikawa, H. Shimizu, H. Yamazaki et al, Prog. Theor. Phys. Suppl. 168 (2007) 90-96, 査読有.

[学会発表] (計 21 件)

1. H. Yamazaki, "Meson photoproduction at ELPH (LNS), Tohoku," New Frontiers in QCD 2010, Yukawa Institute, Kyoto, Feb. 22, 2010.
2. H. Shimizu, "University-based Accelerator Facilities for Quark Nuclear Physics at Sendai," The first ANPhA Symposium, J-PARC, Tokai, Jan. 18-19, 2010.
3. H. Shimizu, "Photoproduction of η/π^0 on the deuteron at 1 GeV," International Workshop on Narrow Nucleon Resonances (NNR2009), Edinburgh, England, Jun 8-10, 2009.
4. K. Suzuki, "EM calorimeter complex FOREST for the π^0 and η photo-production experiments at LNS-Sendai," The Fourth Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics 2008, University of Indonesia, Depok, Indonesia, Aug. 19-23, 2008.
5. H. Shimizu, " $N^*(1670)$ observed at LNS, Sendai," 11th Workshop on the physics of excited nucleons (NSTAR2007), Bonn, Germany, Sep. 5-8, 2007.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：
○取得状況 (計 0 件)
名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：
[その他]