

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540293

研究課題名（和文）負電荷ハイペロン励起状態の輻射崩壊の研究

研究課題名（英文）Study of radiative decay of negatively charged excited hyperons

研究代表者

堀田 智明 (HOTTA TOMOAKI)

大阪大学・核物理研究センター・助教

研究者番号：30332745

研究成果の概要（和文）：負の電荷を持つハイペロン粒子がガンマ線を放出して崩壊するという稀な過程の測定を通し、基本粒子クォークからどのように物質が構成されているか、その構造や機構の理解を目指して高エネルギーガンマ線によるハドロン生成過程に伴い発生する中性子を検出するための検出器を開発した。当初目的としていた反応はビーム強度の不足等の要因により測定には至らなかったが、その他様々なハドロン生成反応において中性子検出により新たな情報を得る事が可能になった。

研究成果の概要（英文）：In order to study the structure of matters formed by quarks and its mechanism, a neutron detection system for measuring the radiative decay processes of negatively-charged hyperons has been developed. It detects neutrons emitted from hadron production reactions induced by a high-energy photon beam. Although due to the limited beam intensity and other reasons, we have not achieved the measurement of the intended reaction, the developed system enabled us to carry out variety of new measurements of hadron production reactions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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：ハイペロン、ハドロン、光生成、中性子検出器

1. 研究開始当初の背景

クォーク模型により様々なメソン、バリオンの系統的な理解に成功してから長い年月が経ち、物質を構成する基本粒子がクォークであることは現時点で共通の理解となっているが、クォークがどのようにハドロンに閉じ込められ、ハドロンがどのような内部構造を持っているかについてはまだ十分に理解されていない部分が多い。我々は高輝度放射

光施設スプリング8において高エネルギーガンマ線による様々なハドロン生成反応を精密に測定し、ハドロンのクォーク構造の理解を目指してきた。特に質量1.5 GeV付近のストレンジクォークを含む粒子について粒子の生成、実験、理論の両面で新たな知見が得られて来ており、より進んだ実験結果が期待されていた。例として $\Lambda(1405)$ 粒子の構造について、クォーク3個から成るバリオンとク

積リングに入射し、コンプトン散乱により最大エネルギー3GeVのガンマ線ビームを生成し、ハドロン光生成反応の測定を行っている。

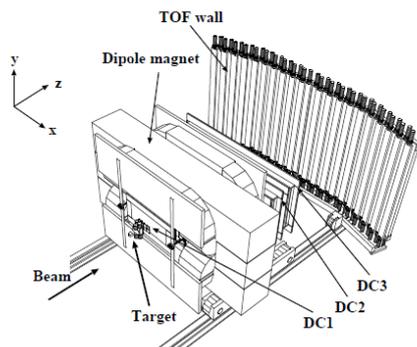


図 2: レーザー電子光ビームラインの標準セットアップである前方荷電粒子スペクトロメーター。

図 2 に、本課題研究実施前のレーザー電子光ビームラインの標準セットアップを示す。ビームの進行方向に上下方向に磁場のかかる双極電磁石スペクトロメーターがあり、ハドロン生成反応によって生じた荷電粒子の運動量を分析する。スペクトロメーターの前後には荷電粒子の飛跡を測定するための位置検出器群が設置されている。荷電粒子の速度は前方の飛行時間 (TOF) 測定器によって測定し、運動量の情報と併せて生成した粒子の質量を特定する。本課題研究では、 Σ マイナス (1385) 粒子の崩壊過程の検出を目指し、反応によって生じた中性子を捕える装置をこの標準セットアップに追加した。

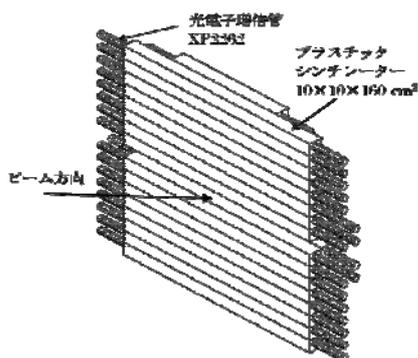


図 3: 本研究課題で開発した中性子検出器の構造。

図 3 に、本研究課題において開発して中性子検出器の構造を示す。当初の研究計画では液体シンチレーターを用いた中性子検出器の建設を予定していたが、具体的な検討の結果

中性子の検出体としてプラスチックシンチレーターを採用した。本実験では実験ハッチと呼ばれる狭い部屋の中で液体水素標的という可燃性高圧ガスを取り扱っており、ハッチ内で可燃物である液体シンチレーターを取り扱うのは出来るだけ避けた方が良いという判断と、海外 (米国) との研究協力により、中性子検出器として適当な大きさのプラスチックシンチレーターを安価にて入手できる見通しが立ったためである。プラスチックシンチレーターは一本あたり $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 160\text{cm}$ という大きさの棒状のもので、それを 16 本積み上げて、縦横それぞれ 160cm の範囲を覆う壁状の検出器を構成した。この検出器系は標準セットアップの TOF 検出器の下流側に設置され、ハドロン生成反応によって前方方向に生じた中性子を検出する。中性子の検出効率は検出器の厚さから約 10% 程度になることを想定した。この中性子検出器を追加した実験セットアップでのデータ収集は 2010 年後半から開始され、以降の実験では標準セットアップの一部として組み込まれ、データ収集が行われている。

4. 研究成果

本課題研究において、中性子検出器の開発整備は行ったものの、残念ながら当初の研究課題であった Σ マイナス (1385) ハイペロンの輻射崩壊過程の探索に結び付く実験を完遂することはできなかった。それは以下の様な事情によるものである。一つはビーム強度の制限で、計画当初はレーザーの性能向上、蓄積リング側の電子ビームの条件向上、レーザー入射システムの改良等により 10~16 倍のビーム強度の増加を見込んでおり、それにより崩壊分岐比 10 のマイナス 4 乗以下という輻射崩壊過程の測定に必要な Σ マイナス (1385) の生成量を期待していたが、実際にはまだそこまでのビーム強度に至っておらず、十分な統計量のデータを得る事が困難である。さらに、一連の生成崩壊過程で生成される粒子として K プラス中間子及び π マイナス中間子を測定するために、前方スペクトロメーターに加えて大立体角の崩壊粒子検出器を同時に用いた実験を当初予定していたが、レーザー電子光ビームライン全体の運転スケジュール及び実験施設のアップグレードのスケジュールとの関係から、その様なセットアップでの実験を実施することが効率的で無いと判断した。

しかしながら、本課題研究において中性子検出器を開発し、前方荷電粒子検出器に追加したセットアップでのデータを収集し始めたことで、ハドロン光生成反応の測定に新たな可能性が広がった。ハドロン光生成の測定では、我々の他に米国ジェファーソン研究所の CLAS と呼ばれる大立体角検出器を用い

た実験が多くのデータを出している。我々の実験は従来から CLAS 実験では測定することが出来ない超前方領域での測定を特長としていたが、本課題研究によって CLAS には無い中性子検出という特徴が加わった事になる。

今後の展望として様々な反応の研究への寄与が期待されるが、いくつか例を挙げる。一つはペンタクォーク候補の Θ プラス粒子の探索である。LEPS 実験では、重水素（あるいは原子核）の中の中性を標的とした準自由仮定により K マイナス中間子と Θ プラス粒子を生成し、 Θ プラス粒子が K プラス中間子と中性子に崩壊した反応を捕え、 Θ プラス粒子の存在を示唆するデータとして報告している。そこで測定されたのは正負の電荷の K 中間子の対のみであった。本課題研究で開発された中性子検出器系により Θ プラス粒子の崩壊により生成された中性子を測定することが出来れば、より正確に Θ プラス粒子の生成崩壊過程を確認することが出来ると期待される。

もうひとつの例は ϕ 中間子の光生成過程である。LEPS 実験では ϕ 中間子の生成を陽子からの生成、重陽子からの準自由生成過程、コヒーレント生成過程、原子核標的からの生成、と精力的に研究して来た。特に最近の成果として、重陽子中の陽子、中性子からの ϕ 中間子生成率が、単独の陽子からの ϕ 中間子生成と比較して抑制されているという興味深い結果が出ており、さらなる研究が必要である。中性子を検出することにより、重陽子中の中性子がから ϕ 中間子が生成された反応を、反跳中性子を測定することで特定出来る可能性があり、それにより新たな情報が得られると期待される。

本課題研究で構築した中性子検出器が稼働し始めた 2010 年後半からのデータは現在解析が進行中である。その結果から、上記を含む様々な反応について議論が深まると期待される。またレーザー電子光実験自体は、現在より大型かつ大立体角の検出器の使用、ビームの高度化を目指し新ビームラインの建設を開始したところであり、本課題研究によって得られた知見を新ビームラインでの物理に結び付けていく事が重要であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(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 1 件)

① Tomoaki Hotta, for LEPS collaboration, Hadron physics with meson photoproduction at LEPS/SPRING-8, 査読無プロシーディング

ス, Int. J. Mod. Phys. A26:456-460, 2011., <http://dx.doi.org/10.1142/S0217751X11051822>

[学会発表] (計 3 件)

① Tomoaki Hotta, for the LEPS collaboration, 11th International Workshop on Meson Production, Properties and Interaction, 2010. 6. 12, ヤギエウオ大学・ポーランド

② Tomoaki Hotta, for the LEPS collaboration, Hadronic Physics at LEPS/SPRING-8, 第三回日米合同物理学会原子核分科会, 2009. 10. 13, ハワイ島・アメリカ

③ Tomoaki Hotta, for the LEPS collaboration, Hadron Physics with LEPS at SPRING-8, 10th International Workshop on Meson Production, Properties and Interaction, 2010. 6. 10, ヤギエウオ大学・ポーランド

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀田 智明 (HOTTA TOMOAKI)

大阪大学・核物理研究センター・助教

研究者番号：30332745

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：