

Title	Effective Lagrangian approach for the production of pentaquark baryons
Author(s)	南, 昇日
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46459
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	南 昇 白
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 19792 号
学位授与年月日	平成 17 年 9 月 30 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Effective Lagrangian approach for the production of pentaquark baryons (有効ラグランジアンを用いたペンタクォークバリオンの生成に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 土岐 博 (副査) 教授 岸本 忠史 教授 中野 貴志 助教授 佐藤 透 助教授 保坂 淳

論文内容の要旨

After the first observation of the evidence of $\Theta^+(1540)$, the exotic baryons have been studied extensively in both experiment and theory, though there have been rather serious criticisms for the existence of the exotic baryons. However, it is worth continuing researches for the exotic baryons to obtain insights for the multiquark system. So far, their physical properties are not fully understood yet. In considering this situation, it is of great importance to provide theoretical guidance and analyses to the experiments for the exotic baryons. Thus, in this dissertation, we investigate the production reactions for the exotic baryons, $\Theta^+(1540)$ and $\Xi_5(1862)$, in photon and hadron induced scattering processes. For this purpose, the effective Lagrangian method is employed as a theoretical framework to compute reaction amplitudes of the production reactions in the Born approximation at tree level. Since most of quantum numbers for the exotic baryons have not been confirmed experimentally yet, we examine several possibilities for the quantum numbers of the exotic baryons in the calculations. In considering extended hadron structure, several types of phenomenological form factors which maintain required constraints and symmetries are taken into account. We provide relevant physical observables, which are total and differential cross sections, momentum transfer dependence, photon beam asymmetry, spin correlation etc to provide interpretations and predictions to the present and future experiments, and to determine unknown quantum numbers of the exotic baryons.

(LEPS による実験でペンタクォークの存在が示唆された後、理論と実験物理から様々な研究が今まで行われてきた。その存在に関して疑問と批判がある一方、QCD から予言されるマルチクォーク状態の深い理解の為にはペンタクォークに対する多様な研究が必要である。今のところペンタクォークの性質は殆ど分かっていない。このような状況を考えるとペンタクォーク探しの実験に対して理論的な解釈と可能な実験方法を提案するのは非常に重要な研究である。そこでこの論文では Θ^+ と Ξ_5 というペンタクォークの生成反応を研究した。理論的な手段としては Born

近似を用いた有効ラグランジアンの方法で全ての計算が行われた。Hadron の構造を考えた上、生成反応から要求される対称性を満たす現象論的な構造因子を考えた。数値計算では全断面積、微分断面積、運動量 t -依存性、入射光子 asymmetry、スピン相関などを考慮し実験に対する予見と分析、そして未だ知られていないペンタクォークの量子数の決定方法を提案した。）

論文審査の結果の要旨

5クォーク（ペンタクォーク）粒子 Θ （テュータ）の存在が阪大グループ（LEPS）の実験で示唆されて以来、ハドロンの新粒子に関する研究が世界的に注目を浴びている。現在 Θ の存在を確立することは最重要課題であるが、その際に生成機構に関する知識が重要な手がかりとなる。

Nam 君はこの博士論文で、5つのクォークから成る新粒子であるペンタクォーク Θ の生成反応に関する理論的な解析を系統的に行なった。Nam 君は有効ラグランジアンの方法を首尾一貫して採用し、同一の理論の枠組みで実験からどのような情報が引き出せるかについて詳しく調べた。有効ラグランジアンに含まれるパラメータは、対称性やクォーク模型などの情報を用い、可能な限り単純な模型設定を行なった。その上で、 Θ の未知のスピンとパリティを仮定し、その違いが反応過程にどのように現れるかについて考察した。

この研究には、以下のような特筆すべき点が認められた。

- (1) 光生成反応では、世界に先駆けて Θ のスピン・パリティの違いによる断面積の違いを明らかにした。また、PS 結合模型と PV 結合模型の違いを明らかにして、理論的に信頼できる予言を行なった。
- (2) 偏極陽子を用いた生成反応では、しきい値近傍 50 MeV 程度のところまで S-波の寄与が主要な役割をはたすことを示した。そのことから、フェルミオンの統計を利用して Θ の未知のパリティを決定するのに有用であることを示した。
- (3) Θ 生成と関連し、ハイペロン粒子 Λ (1520) の光生成を行なった。スピン 3/2 の粒子を相対論的に扱い、形状因子をゲージ対称性を満足するように導入した。その結果、この生成反応におけるコンタクト項の重要性を指摘した。このことは低エネルギー定理の自然な帰結であり、その結果として陽子標的と中性子標的の場合で生成断面積に大きな差が生じることを予言した。この結果は最近の LEPS の実験で検証された。
- (4) Θ の量子数を 3/2 に仮定することで、 Λ (1520) 粒子の光生成と同様、陽子標的と中性子標的の場合で光生成断面積に大きな差が生じることを予言した。とりわけ、陽子標的の場合の断面積が著しく抑制され、最近の米国の実験チーム（CLAS）による実験結果と矛盾しないことを示した。

以上の研究成果はいずれもペンタクォークの研究の中で重要な貢献をし、また、実験グループに対しても大きなインパクトを与えるなどして高く評価できる。

以上のことから、博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。