



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | Study of heavy baryons from three-body decays                               |
| Author(s)    | Arifi, Ahmad Jafar  |
| Citation     | 大阪大学, 2020, 博士論文  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.18910/77474">https://doi.org/10.18910/77474</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

|  |  |
|--|--|
| Name ( AHMAD JAFAR ARIFI )   |  |
| Title  | Study of heavy baryons from their three-body decays<br>(三体崩壊によるヘビーバリオンの研究) |
| <p>In recent years, the interest of heavy hadrons containing heavy quarks has been greatly increased by the current experimental facilities such as LHCb and Belle which are actively reporting discoveries. Many heavy hadrons are newly observed and some of them may be considered as exotics hadrons. Their nature is not yet well-established and under many discussions due to the creation of a light quark-antiquark pair. Among them, the heavy baryon which contain one heavy quark and light quarks could be a suitable place to study the behavior of light quarks inside the heavy quark environment, which is possibly the key to understand the heavy hadrons in general.</p> <p>In this dissertation, we focus on studying heavy baryons by investigating their three-body decays. Specifically, we investigate the two-pion emission decays of the low-lying <math>\Lambda_c</math> resonances; <math>\Lambda_c^* \rightarrow \Lambda_c \pi \pi</math>. The relevant decay processes such as sequential processes going through <math>\Sigma_c^{(*)}</math> in intermediate states and a direct process have been considered in the calculation. The <math>\Lambda_b</math> bottom baryons are also studied similarly. We employ effective Lagrangians in a non-relativistic framework where the coupling strengths are computed from the quark model.</p> <p>In heavy baryons, it is known that the orbital excitations between <math>\lambda</math> and <math>\rho</math> mode are well separated. By studying the three-body decay of <math>\Lambda_c^*(2595)</math> and <math>\Lambda_c^*(2625)</math>, we show that the decay properties are sensitive to their internal structures. In comparison to the experimental data, both resonances are consistent with the <math>\lambda</math>-mode excitation. We also show that the direct process is particularly important for <math>\Lambda_c^*(2625)</math>, and its presence can be tested by measuring the Dalitz plots.</p> <p>Furthermore, the three-body decay is also helpful to determine the unknown spin and parity of <math>\Lambda_c^*(2765)</math>, which still have a one-star rating in PDG. By performing a similar analysis, we show that the newly observed <math>\Lambda_b^*(6072)</math> by LHCb can be an analog state of <math>\Lambda_c^*(2765)</math>. Because of that, we arrive at the conclusion that both states may be related to Roper resonances, <math>N(1440)</math>, namely the radial excitation of baryons. This discovery tells us that they have common properties which are independent of their flavor contents. The flavor independent nature of Roper-like resonances may provide an interesting hint to the dynamics of hadron resonances.</p> <p><b>Keywords:</b><br/> <i>Quark model, effective Lagrangian, heavy baryon, Dalitz plot, three-body decay, spin-parity, Roper-like resonance.</i></p> |  |

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 ( Ahmad Jafar Arifi ) |     |           |
|---------------------------|-----|-----------|
|                           | (職) | 氏 名       |
| 論文審査担当者                   | 主 査 | 教授 保坂 淳   |
|                           | 副 査 | 教授 川畑 貴裕  |
|                           | 副 査 | 教授 與曾井 優  |
|                           | 副 査 | 准教授 緒方 一介 |
|                           | 副 査 | 准教授 石井 理修 |

## 論文審査の結果の要旨

近年 KEK, LHC など世界の大型加速器施設から、チャームやボトムなどの重いクォークを含む新種のハドロンの発見が相次いでいる。しかしながらその性質の多くは、これまでのハドロ理論・モデルによって容易に説明されていない。また実験的にも、スピンとパリティ（以下 $J^P$ と記す）などの基本的な量子数の特定に至っていないものも多数存在している。これらは半世紀以上の歴史をもつハドロン物理学にとって、早急に解決されるべき重要な課題である。

本学位論文において、Arifi 君は上記の問題を解決すべく、ハドロンの三粒子に崩壊する三体崩壊現象に着目した。その際、構造と崩壊の関係を見るために、重いクォーク対称性を満たすクォーク模型（HQ 模型）による構造計算も行った。その結果、三体崩壊の解析と HQ 模型を組み合わせることで、①共鳴状態の構造（モード）が特定できること、② $J^P$ の情報を引き出せること、③既存の部分的なデータによってもそれらが予言できることを示した。これらは、今後さらにハドロンの性質を追究する上で有用であるとともに、実験研究の提案につながる重要な結果である。

本研究の遂行にあたり、まず三体崩壊の解析に欠かせない Dalitz の手法を、問題に組み込むことから出発した。そして重いバリオンの 2 つのパイオンを放出して基底状態に崩壊していく三体崩壊に焦点を絞り、上記①～③の項目について以下の結果を得た。

①チャームバリオンの共鳴状態として知られる $\Lambda_c(2595)$ と $\Lambda_c(2625)$ バリオンのについて、Dalitz 解析を行い、そこから得られる不変質量分布を調べた。その結果、共鳴状態の構造として HQ 模型における $\lambda$ モードが発現していることを強く示唆した。その確証には今後の詳細な実験データが必要である。この結果は以下の 2 編の論文に発表された：Phys. Rev. D 95 (2017) 11, 114018, Phys. Rev. D 98 (2018) 11, 114007。

② $J^P$ が確定していない $\Lambda_c(2765)$ バリオンのに対して、崩壊パターンから特定できる可能性を調べた。その結果 $J^P$ について $1/2^\pm, 3/2^\pm, 5/2^\pm$ の 6 通りの可能性が、識別できることを示した。この結果は Phys. Rev. D 101 (2020) 9, 094023 に発表された。

③今年初頭に LHCb により発見されたボトムバリオン $\Lambda_b(6072)$ の $J^P$ について、報告された崩壊パターンから $1/2^+$ である可能性を強く示唆した。今後詳細な実験で確認される事項である。この結果は Phys. Rev. D 101 (2020) 11, 111502 に発表された。

以上の研究を進める中で Arifi 君は、 $\Lambda_c(2765), \Lambda_b(6072)$ の性質が陽子の Roper 共鳴状態 $N(1440)$ と酷似していることに気がついた。ストレンジクォークを含むバリオンにも同様の共鳴状態の存在が知られていることから、これら一連のバリオンにはフレーバーに依存しない未知の動力学が関与している可能性があるかと推察した。今後の発展研究が大いに期待できる。

以上、Arifi 君の研究は最新のハドロン物理の観測結果を説明するとともに、将来的に発展可能性を秘めた研究を遂行したといえ、博士の学位を授与するにふさわしい。