

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 清水 勇希

論 文 題 目

ヘビークォークスピン対称性に基づく

エキゾチックハドロンのスピン多重項構造の研究

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	博士(理学)	原田 正康
委 員	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	教 授	博士(理学)	飯嶋 徹
委 員	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	准教授	博士(理学)	野中 千穂
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	戸部 和弘
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	居波 賢二

論文審査の結果の要旨

原子核を構成する陽子・中性子は、基本要素であるクォーク 3 個から構成される。複数のクォークから構成される複合粒子はハドロンと総称されるが、長年の間、バリオンと総称されるクォーク 3 個から構成される粒子と、メソンと総称されるクォーク 1 個とクォークの反粒子である反クォーク 1 個から構成される粒子しか観測されていなかった。

近年になって、特にチャームクォークやボトムクォークといった重いクォークを含むハドロンで、クォーク 2 個と反クォーク 2 個からなるテトラクォーク、クォーク 4 個と反クォーク 1 個からなるペンタクォークが発見されている。その構造に関しては、いくつかの理論的提案はあるが、確定しておらず、その解明が重要になっている。

申請者は、2015 年に欧州原子核研究機構(CERN)の大型ハドロン衝突型加速器(LHC)における LHCb 実験グループから発見が報告されたペンタクォークに対して、チャームクォークを含むバリオンと反チャームクォークを含むメソンの束縛状態とするハドロン分子モデルに基づく研究を推進してきた。

本論文で申請者は、チャームクォークが重い極限で成り立つヘビークォーク対称性に着目し、ハドロン分子モデルに基づいて構成可能なペンタクォーク状態を分類した。申請者はまず、ヘビークォーク 1 個のみを含むハドロンに対して成り立つヘビークォーク対称性を、2 個含むハドロンへ拡張する新しい枠組みを確立した。そして、ヘビーバリオンとヘビーマソンの相対軌道角運動量が S 波で構成されるペンタクォーク状態として、スピン 1/2 一重項、スピン 3/2 一重項、スピン(1/2,3/2)二重項、スピン(1/2,3/2,5/2)三重項が存在することを示した。また、将来の実験と比較すべく、一重項状態はスピン 0 の η_c 中間子への崩壊確率が大きく、一方で、二重項と三重項は、スピン 1 の J/ψ 中間子への崩壊確率が大きくなることを明らかにした。さらに、パイ中間子交換力を用いた場合には、スピン 3/2 一重項とスピン(1/2,3/2,5/2)三重項が実際の束縛状態として生成され、実験結果を説明できることを示した。

申請者は次に、相対軌道角運動量が P 波である束縛状態を解析し、5 種類の一重項、2 種類の二重項、3 種類の三重項が可能であること、及び、崩壊確率は S 波状態と同様な制限を満たすことを示した。さらに、パイ中間子交換力を用いると、ペンタクォーク型束縛状態は存在せず、実験で発見されたペンタクォークが S 波状態である可能性が高いことを明らかにした。

上記のように申請者は、ハドロン分子モデルに基づいて構成可能なペンタクォーク状態をヘビークォーク対称性に基づいて分類する新しい枠組みを確立し、多重項構造を明らかにした。その結果を将来の実験と比較することにより、ペンタクォークの構造解明への手がかりを与えるものであり、高く評価できる。なお参考論文は、本論文にいたる前段階の研究であり、いずれも価値があるものと認められる。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があると認められる。