

Title	Exotic few-baryon systems with a heavy meson
Author(s)	山口, 康宏
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/34050
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (山口 康宏)	
論文題名	Exotic few-baryon systems with a heavy meson (ヘビーマesonを含むエキゾチックなバリオン少数多体系の解析)
論文内容の要旨	
<p>近年ハドロン分子構造も持つとされる状態が実験で観測され、大きな関心を集めている。ハドロン分子とは重陽子的な緩い束縛状態または共鳴であり、閾値近傍に出現すると考えられている。これらはバリオンを3クォーク状態、メソンをクォーク-反クォーク対として記述する標準的なクォークモデルでは説明できない状態であり、エキゾチックハドロンの一つの存在形態である。</p> <p>ハドロン分子状態の形成には2つの重要な対称性が関与している。その一つはカイラル対称性である。ハドロン間で交換される南部・ゴールドストーンボソンであるパイオンが強い引力を生成する重要な働きをする。さらに、このパイオン交換力はヘビークォーク対称性によって強調される。ヘビークォーク対称性があることによって、ヘビー擬スカラーメソン(P)とヘビーベクターメソン(P*)の質量の縮退が起こる。そのために、$PP^*\pi$や$P^*P^*\pi$ vertexを通して現れるパイオン交換力において、ヘビークォーク対称性によるPメソンとP*メソンの質量の縮退は重要になる。このように2つの対称性によって、ヘビーマesonを含むハドロン間相互作用ではパイオン交換力が重要な働きをすることが期待される。</p> <p>パイオン交換力が生み出す引力相互作用により、これまで実験で観測された状態以外にも、新たなハドロン分子状態の存在について期待することができる。ここでは、ヘビーマeson-核子(バリオン)から成る新たな状態を考える。ヘビーフレーバーとしては、チャーム領域とボトム領域について考える。Dbarメソン(Bメソン)と核子から成るDbarN(BN)状態は真にエキゾチックなフレーバー量子数を持っており、通常のハドロンチャンネルとは結合しない。それ故に、その束縛状態は強い相互作用による崩壊に対して安定なハドロン分子状態として存在できる。このような真にエキゾチックな量子数を持つバリオン状態はこれまで実験では確認されてはいないが、ヘビークォーク領域ではパイオン交換力の活躍によって存在する可能性がある。この一方で、Dメソン(Bbarメソン)と核子から成るDN(BbarN)状態についても考える。これらは通常のヘビーバリオン(Λ_cやΣ_c)と同じフレーバー構造を持つハドロン分子状態である。さらに、ヘビーマesonと核子間にパイオン交換力による引力が働くのならば、2体系のみならず、DbarNN(BNN)のような少数粒子系としてのエキゾチック核が形成されることも期待できる。これらハドロン分子状態がどのように形成され、どのような構造を持っているかを理解することは、ハドロン間相互作用やQCDの基本問題であるカラーの閉じ込めやカイラル対称性の自発的破れの機構を探ることとも関連している。</p> <p>本論文では、2体系としてのDbarN(BN)とDN(BbarN)、そして3体系としてのDbarNN(BNN)の存在可能性を議論する。PメソンとP*メソンに対するチャンネル結合Schrodinger方程式を解くことによって、束縛状態と共鳴の探索を行う。その結果、チャーム領域とボトム領域の両方で、閾値近傍に新たな状態があることを予言した。それらの状態の形成には、ヘビーマeson-核子間のパイオン交換力が引力生成のために重要な働きをしていることを見た。特に、異なる軌道角運動量状態を混ぜるテンソル力が系で支配的な働きをしていることが分かった。</p> <p>ここでは、ヘビークォークの質量が無大の極限における真にエキゾチックなPN系、PNN系に対する議論も行う。この極限ではクォーク質量に反比例するスピン依存力が抑制されるため、ヘビークォークを含むハドロン状態では異なるスピンを持つ状態の縮退が現れる。この状態の縮退は通常のヘビーハドロンでこれまで議論されてきたが、これはハドロン分子状態のようなマルチハドロン状態に対しても一般化できる。そこで、本研究で解析を行った、PN系、PNN系に対してヘビークォーク極限における解析を行い、これらの状態に対して異なるスピンを持つ状態に対して縮退が現れることを見る。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (山 口 康 宏)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 保坂 淳
	副 査	教授 浅川 正之
	副 査	教授 橋本 幸士
	副 査	教授 野海 博之
	副 査	准教授 緒方 一介
論文審査の結果の要旨		
<p>近年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。それらの多くは質量が崩壊チャンネルの敷居に近い、崩壊幅が狭いなどの性質を持つ他、通常のメソン ($q\text{-}\bar{q}$) やバリオ (qqq) では取りえないエキゾチックな量子数を持つものが発見されていて、標準的なクォーク模型では説明が困難とされている。一方で質量が敷居に近いことから、複数のハドロンの束縛あるいは共鳴した状態である可能性に興味を持たれている。このような背景のもと山口君は、メソンとバリオンの複合系として現れるエキゾチックバリオンを対象に、重いクォークの領域で出現する機構を探ると同時に、未知の粒子の存在と性質を理論的に予言した。</p> <p>具体的に $D\bar{u}$-メソンと核子 N の複合系を探るにあたり、重いクォーク有効理論を用いてそれらの相互作用を求めた。先行研究でパイオン交換によるテンソル力が $D\bar{u}$-N 系に強い引力をもたらすことが指摘されていたが、山口君は上で求めた相互作用のもとチャンネル結合の方程式を正確に解き示した。そして、これまで予想されていた束縛状態の他、共鳴状態を発見しそれらの起源を明らかにした。重いクォークの質量をパラメータとし連続的に変化させながら解析することで、軽いフレーバー領域と比較し重いフレーバーのところでは、重いハドロンの運動エネルギーが抑制される、テンソル力が引き起こすチャンネル結合の効果が増幅されることが重要な役割を果たすことが明確に示された。</p> <p>山口君はさらにこのアイデアを $D\bar{u}$-NN の 3 体系に拡張した。3 体問題は 2 体問題と比較し格段にその扱いが複雑になるが、山口君は数値プログラムを全て自ら解析し、基本方程式から解にいたる全てのステップを制御できる理論的な枠組みを構築した。それを用いて、3 体系においても、束縛状態と共鳴状態が存在し得ることを世界で始めて発見した。2 体系と 3 体系の性質が明らかになったことで、より多体系の研究に向けた道筋をつけることができた。</p> <p>本研究によって重いフレーバーの動力学をハドロレベルで理解することができ、また新たに予言された状態は将来の実験研究で探索される対象として、実験研究者からも注目を浴びることとなった。今後のハドロ物理学の進展において重要な貢献をすることができた。よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。</p>		