



Title	Strong interactions in antikaon-nuclear systems based on chiral symmetry(Abstract_要旨)
Author(s)	Sekihara, Takayasu
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2011-03-23
URL	http://hdl.handle.net/2433/142372
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

學位審查報告書

(ふりがな)	せきはら たかやす
氏名	関原 隆泰
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第 号
学位授与の日付	平成 年 月 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻

(學位論文題目)

Strong interactions in antikaon-nuclear systems based on chiral symmetry

(カイラル対称性に基づく反K中間子-原子核系における強い相互作用)

論文調査委員	(主査) 菅沼秀夫准教授
	永江知文教授
	国広悌二教授

理 学 研 究 科

(続紙 1)

京都大学	博士 (理 学)	氏名	関原 隆泰
論文題目	Strong interactions in antikaon-nuclear systems based on chiral symmetry		

(論文内容の要旨)

申請論文では、近年ハドロン物理学において理論的にも実験的にも注目されている $\Lambda(1405)$ というバリオンの諸性質を、強い相互作用の有効模型の 1 つであるカイラル・ユニタリー模型を用いて研究し、その大きさや構造、及び、原子核中の性質やそれと関連する“反 K 中間子原子核”的崩壊の様相等の研究を行った。尚、 $\Lambda(1405)$ はストレンジ・クォークを含む負バリティのバリオンであり、主として π 中間子と Σ バリオンに崩壊する。又、その特異な性質から $\Lambda(1405)$ は単純な 3 クォーク的な構造ではなく、核子と反 K 中間子との分子的状態という可能性がこれ迄に指摘してきた。

申請論文の前半では、主として $\Lambda(1405)$ の分子的特徴について研究した。カイラル・ユニタリー模型において $\Lambda(1405)$ をチャンネル結合法により記述し、 $\Lambda(1405)$ の電磁的な形状因子を理論的に計算することにより、その空間的拡がりを調べた。その結果、 $\Lambda(1405)$ は核子を中心として反 K 中間子が外側に分布し、典型的なハドロンの大きさ (1 fm 以下) を越えて有意に拡がった状態が支配的であることを示した。これは、この模型の範囲内で、 $\Lambda(1405)$ が核子と反 K 中間子の分子的状態であることを示唆している。尚、申請論文では“共鳴状態の形状因子”を記述する方法を提案しており、その妥当性の検証も、量子力学的考察が可能な純束縛状態への適用を通じて行っている。

申請論文では、更に、一般の中間子-核子束縛状態において中間子の質量を仮想的に変数として変化させた場合の束縛状態の構造及び中間子-核子間相互作用を考察し、現実の反 K 中間子の質量 (約 500 MeV) が、強い相互作用での 2 つのハドロンの分子的状態を形成するのに適していること等を明らかにした。

申請論文の後半では、反 K 中間子が主として強い相互作用により原子核に束縛される“反 K 中間子原子核”的性質について研究し、その非中間子崩壊 (この場合は π 中間子を終状態に含まない崩壊) 等を考察した。通常の反 K 中間子原子核の計算等では非中間子崩壊の寄与は含まれていなかったが、申請論文では、反 K 中間子と核子とが共鳴状態である $\Lambda(1405)$ を作る程に強い引力を持ち得る事に着目し、 $\Lambda(1405)$ を介した反 K 中間子原子核の崩壊の寄与について定量的に研究を行った。

$\Lambda(1405)$ と核子 N との相互作用によって生じる $\Lambda(1405)N \rightarrow YN$ (Y は Λ 又は Σ) の遷移強度を 1 中間子交換ポテンシャル模型を用いて計算し、 $\Lambda(1405)$ を介した反 K 中間子原子核の崩壊パターンを考察した。結果として、非中間子崩壊比が $\Lambda(1405)$ ・ 中間子・バリオンの結合定数に強く依存することを明らかにし、特に大きい $\Lambda(1405)$ ・ 反 K 中間子・核子結合が ΛN への崩壊を促す事を示した。

更に、申請論文では、カイラル・ユニタリー模型で記述された $\Lambda(1405)$ に対して、 ΛN と $\Sigma^0 N$ との崩壊分岐比を計算し、その値が、原子核密度に依らず $\Gamma_{\Lambda N} / \Gamma_{\Sigma N} \approx 1.2$ となることを示した。又、通常の原子核密度において、全非中間子崩壊幅を 22 MeV と評価した。この値は $\Lambda(1405) \rightarrow \pi \Sigma$ という π 中間子を終状態に含む崩壊幅と比較しておよそ半分程度であり、非中間子崩壊が中間子崩壊と比較して無視できない大きさである事を指摘した。

(論文審査の結果の要旨)

ストレンジネスを含むハドロンおよび原子核の物理学は、サブアトミックな物理の1つの大きな分野であり、特に最近では、大強度陽子加速器施設(J-PARC)の中心的なテーマの1つとして理論的にも実験的にも大きな注目を集めている。

申請論文で研究対象としている Λ (1405)は、ストレンジ・クォークを含む負パリティのバリオンであるが、幾つか特異な性質を有する興味深いハドロンである。 Λ (1405)は、質量の大きいストレンジ・クォークを含んでいるにもかかわらず、負パリティのバリオンとしては最も質量が小さく、クォーク模型や格子QCDによる理論的予測と比較しても質量が異常に小さ過ぎる事が知られている。従って、 Λ (1405)は単純な3クォーク的な構造ではなく、“核子と反K中間子との分子的状態”という自然界でもユニークな物理的状態という可能性がこれ迄にも指摘され、ストレンジネスを含むハドロンの中でも特に注目されている。

申請論文では、この特異なハドロンである Λ (1405)の諸性質を、強い相互作用の有効模型の1つであるカイラル・ユニタリー模型を用いて研究し、その大きさや構造、有限密度中での性質や崩壊の様相などの研究を行っている。ここで申請者が用いたカイラル・ユニタリー模型は、強い相互作用の重要な性質の1つである“カイラル対称性の自発的破れ”を内包した最近の有効模型であり、様々なハドロンの共鳴状態等に適用されている。申請論文では、 Λ (1405)の電磁的な形状因子等を調べることで、その大きさが通常のハドロンよりも有意に大きく拡がっており、構造としては、核子のまわりを反K中間子が分布する“2つのハドロンが強い力で分子的に結合した状態”であるという理論的予測を模型の範囲内で得た。これは、 Λ (1405)という特異なハドロンの正体を明らかにする上で大きな示唆となり得る。

また、申請論文では、ハドロンの分子的構造の形成のメカニズムについても理論的に考察している。つまり、ストレンジ・クォークの質量がアップ及びダウン・クォークの質量と比較して大きく、かつ、カイラル対称性の自発的破れのスケールと比較して小さい事が、反K中間子の質量、及び、核子との強い相互作用での引力を誘起し、ハドロン分子的構造の形成に寄与する点を明らかにした。この結果と視点は、一般的なハドロンの分子的状態形成の議論にとっても有用であり重要な指摘である。

次いで、申請論文では、原子核中での Λ (1405)の性質や役割に着目し、その観点から、反K中間子が主として強い相互作用により原子核に束縛される“反K中間子原子核”的性質について研究を行い、 Λ (1405)を介した反K中間子原子核の崩壊等について定量的に評価した。申請論文で得られた結果は、原子核中での Λ (1405)の役割が重要になる可能性を示唆し、今後のストレンジネス関連の実験にも有益と思われる。

この様に、申請論文では、ハドロンと原子核の物理学における重要な課題を最新の方法で分析し、複数の重要な研究成果を挙げており、その寄与は大きい。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成23年1月19日に、論文内容とそれに関連した口頭試問を行い、その結果合格と認めた。