

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19740163

研究課題名（和文） ストレンジネスを持つ原子核におけるエキゾチックな性質の研究

研究課題名（英文） Investigation of exotic properties of nuclear system with strangeness

研究代表者

土手 昭伸 (DOTE AKINOBU)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・助教

研究者番号：90450361

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学、素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：軽い原子核、ストレンジネス、K中間子原子核、エキゾチック、ハイパー核

1. 研究計画の概要

ストレンジネス（sクォーク）を含む軽い原子核には、陽子と中性子のみからなる普通の原子核にはない非常にエキゾチックな性質があると期待される。そのような原子核の一つ「K原子核」（反K中間子（以下 K^{bar} と記述）を含む原子核）を集中的に研究している。「原子核の密度は一定である（密度の飽和性）」という常識が原子核物理にはある。しかし原子核内に K^{bar} が入ると、 K^{bar} と核子との間には非常に強い引力が働くため、原子核内部が高密度になる可能性が考えられる。この点においてK原子核は興味深い。また高密度状態はハドロン物理においても重要なトピックであり、その点からも関心もたれている。

2. 研究の進捗状況

K原子核の性質は理論・実験共に良く分かっていない。そこで最も基本的なK原子核“ K^-pp ”（二つの陽子pと一つの K^- 中間子から成る系）を丁寧に調べた。

(1) 高密度状態において重要になる核子間の強い斥力を適切に取り扱う。

(2) K^{bar} と核子との間の引力を効率的に拾う。上記の性質を持つモデルを完成させた。そしてストレンジネス-1のメソン・バリオン系の説明に成功しているカイラル理論に基づき、理論的に導出された K^{bar} と核子の相互作用をこの模型波動関数に適用し、変分法によって K^-pp を解いた。

その結果以下のことを明らかにした。

(1) K^-pp の全束縛エネルギーは20MeV程度と現象論的ポテンシャルを用いた結果に比べ浅い束縛である。

(2) 二つの陽子間距離は約2fm程度であり、普通の原子核内部にある二核子と状況は似ている。すなわちこの場合高密度状態にはなっていない。

(3) pと K^- の準束縛状態であると考えられているハイペロンの励起状態 $\Lambda(1405)$ が、 K^-pp の中でも依然生き残っている。

(4) 諸効果 (1. Dispersive effect, 2. P-wave $K^{\text{bar}}N$ 相互作用, 3. 二核子吸収) を考慮すると、 K^-pp の全束縛エネルギーは20～40MeV、全崩壊幅は100MeVを超える可能性がある。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

よく性質の分かっていたいなかったK原子核について、最も基本的な系である K^-pp を変分法の枠内で核子間の強い斥力芯及び理論に基づく K^{bar} と核子間の相互作用を用いて解いた結果をきちんと示し、この研究分野の人たちに一応の目安を与えることが出来た。

その後我々の計算に欠落していると思われる効果が指摘されたが、それにより更に興味深い物理が期待され、我々としても考察すべき新たな目標が出来て、研究意欲が増している。

4. 今後の研究の推進方策

変分法による私と共同研究者らの研究の結果 K^-pp は20MeV程度の非常に浅い束縛しかないということを帰結した。しかしその後、他の理論グループから我々の計算には K^-pp と強く結合する $\pi\Sigma N$ というチ

チャンネルのダイナミクスが欠落している可能性が指摘された。この $\pi\Sigma N$ ダイナミクスがもたらす引力により K^-pp の束縛が増すことが考えられ、これは K 原子核の物理にとっては非常に大きな問題である。 $\pi\Sigma N$ の自由度は連続状態もしくは共鳴状態として K^-pp と関係してくるため、この自由度を直接取り扱うためには変分法では無理である。そこで共鳴状態を適切に取り扱うことが出来るcoupled-channel complex scaling法を用いて研究を進めている。最終的には K^-pp の束縛機構を明らかにしたい。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

- ① 土手昭伸, 兵藤哲雄, Wolfram Weise, “Variational calculation of the ppK^- system based on chiral $SU(3)$ dynamics”, Physical Review C, 79, page 014003/1-16, 2009, 査読有
- ② 土手昭伸, 兵藤哲雄, Wolfram Weise, “ K^-pp system with chiral $SU(3)$ effective interaction”, Nuclear Physics A, 804, page 197c-206c, 2008, 査読有

[学会発表] (計 30 件)

- ① 土手昭伸, “Exotic nuclear systems with strangeness: Hypernuclei and Kaonic nuclei”, 第7回日本中国原子核物理シンポジウム “7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium”, 2009年11月9-13日, 筑波大学 大学会館
- ② 土手昭伸, 兵藤哲雄, Wolfram Weise, “Variational calculation of K^-pp with a chiral $SU(3)$ -based $KbarN$ potential”, The International Conference on Particles And Nuclei (PANIC08), 2008年11月13日, Dan panorama hotel, Eilat, Israel

[図書] (計 1 件)

- ① 木村真明, 土手昭伸, 大西明, 松宮浩志, 原子核研究 Vol.53 Supplement 2、特集号「エキゾチック原子核実践講座」—あなたも計算できる—、科研費特定領域「ストレンジネスで探るクォーク多体系」理論班サマースクール報告1『反対称化分子動力学法を用いたエキゾチック原子核構造研究入門』, pp50-104 (55)

[その他]

KEK 英語 Web 特集記事 (Feature story)
2010年2月 “A spice of strangeness”
<http://www.kek.jp/intra-e/feature/2010/StrangeHadronTheory.html>
林田氏 (KEKコミュニケーター) 作成、土手監修