

研究責任者名 Name	肥山詠美子 Hiyama Emiko	所属機関 Affiliation	理化学研究所
受理番号 Proposal No.	(T)11-11	研究課題名 Program title	少数粒子系計算法の確立とエキゾチック原子核、超冷却原子・天体核反応への応用

研究を終了しましたので、下記の通り報告します。

成果の概要

Abstract

(和文) 原子核物理学の研究の目的のひとつは、量子力学的多体系問題を精密に解くことによって、物理的な知見を深め、理論的予言を行い、実験をガイドすることである。以下の成果を報告する。ハイパー核の分野では、現実的ハイペロン核子間、ハイペロン-ハイペロン間相互作用を用いた軽いハイパー核の少数粒子系問題に基づいた構造研究はホットな課題の一つである。平成 23 年度は、おもにこれまでに行った研究のレビュー論文の執筆、及びそれに基づく補足的計算を行った。

また、超冷却原子分野では、LM2M2 potential という最新の $4\text{He}-4\text{He}$ potential を用いた dimer, trimer, tetramer の 2 体～4 体構造計算を行った。特に、非常に浅い tetramer の励起状態を精度よく得ることができた。さらにこの得られた励起状態から dimer-pair model を提案し、5 体以上の 4He の原子系の励起状態のエネルギーの見積もることができるとを提案した。

(英文)

One of the aim to study nuclear physics is to obtain new understanding, to make prediction, And to guide new experiment by solving Schreodinger equation accurately. The followings are reported. In hypernuclear physics, it is one of the important subject to study the structure of light hypernuclei from view points of few-body problem. We published the review paper on the recent progress in hypernuclear physics in 'Few-body systems'. In ultra cold atom, we use LM2M2 potential between two 4He atoms, and calculate the biding energies of dimmer, trimer and tetramer. Especially, we could succeed in getting the energy of the excited state in tetramer. Furthermore, we propose dimmer-pair model and propose to estimate the binding energy of the excited state of pentamer of 4He .

研究成果を公開しているホームページアドレス

研究成果の 公表	口頭研究発表 件数	査読付きの学術論文数	プロシーディング論 文数	その他（投稿中を含 む）
	7	2	1	1

成果の公表リスト（それぞれの枠に番号をつけて記入願います。）

口頭研究発表
<p>1. ・ワークショップ名：'Hadron Physics Meeting strangeness physics at J-PARC', 2011-5.27-5.28, APCTP, Pohang 講演タイトル：S=-1 and S=-2 hypernuclei from view points of few-body problem' (招待講演)</p> <p>2. ワークショップ名：'Not so Few, but not too Many: ab initio description of atomic, molecular and nuclear systems with number of particles $A > 4$ 4-8 of July 2011, Trento, Italy 講演タイトル：Four- and Five-body calculation of systems including strange quark (招待講演)</p> <p>3. ワークショップ名：Korea-Japan workshop on nuclear and hadron physics at J-PARC Seoul, Korea 9.22-9.23, 2011 講演タイトル：Structure of $Be_{10}L$ and $Be_{10}H$ hypernuclei with the four-body cluster model</p> <p>4. 国際会議名：the Fifth Asia-Pacific Conference on Few-Body Problem in Physics 2011, Seoul, Korea, 8.22-8.26, 2011 講演タイトル：S=-1 and S=-2' few-body systems</p> <p>5. ワークショップ名；Strange Hadronic Matter Trento Italy 9.26-9.30 講演タイトル：Clustering aspect of light nuclei(招待講演)</p> <p>6. 国際会議：Third International Conference on Nuclear Fragmentation NUFRA2011, October 2-9, Kemer, Antalya, Turkey 講演タイトル：Few-body aspects of hypernuclear physics(招待講演)</p> <p>7. ワークショップ：Critical stability 2011 10.9-10.15, 2011, Erice, Italy Four-body calculations of $4He$ tetramer and light hypernuclei using realistic two-body potentials (招待講演)</p>
査読付きの学術論文(URLを記載)
<p>1. 'Variational calculation of $4He$ tetramer ground and excited states using a realistic pair potential', E. Hiyama and M. Kamimura, Phys. Rev. A85, 022502 (2012). 2. 'Few-body Aspects of hypernuclear physics', E. Hiyama, Few-body systems. DOI 10.1007/s00601-011-0296-8 (2012). http://www.springerlink.com/content/j6047351k4610382/</p>
プロシーディング論文(URLを記載)
<p>1. 'S=-1 and S=-2' few-body systems', Emiko Hiyama, proceeding on the Fifth Asia-Pacific Conference on Few-Body Problem in Physics 2011, Seoul, Korea, 8.22-8.26, 2011 http://www.springerlink.com/content/n606256116j4453m/</p>
その他（学位論文、紀要、投稿中の論文を含む）(URLを記載)
<p>1. 'Perfect linear correlations between $4He$ trimer and tetramer energies calculated with various realistic $4He$ potentials', E. Hiyama and M. Kamimura, arXiv:1203.3130 (submitted in 14 March, 2012).</p>
特記（本研究に関係した、新聞記事・著作、受賞など）

研究責任者 肥山詠美子

所属機関 理化学研究所

研究課題名 少数粒子系計算法の確立とエキゾチック原子核、超冷却原子・天体核反応への応用

研究組織

(1)共同従事者氏名：木野康志

所属機関・部局・職名：東北大学大学院・理学研究科・准教授

(2)研究従事者氏名：上村正康

所属機関・部局・職名：理化学研究所・仁科加速器研究センター・

研究嘱託

(3)研究機関・部局・職名：理化学研究所・仁科加速器研究センター・協力研究員・

Ying Zhang

(4)研究機関・部局・職名：理化学研究所・仁科加速器研究センター・基礎科学特別研究員・

Pascal Naidon

(5)研究機関・部局・職名：京都大学基礎物理学研究所・研究員・古本猛憲

(6)研究機関・部局・職名：理化学研究所・仁科加速器研究センター・基礎科学特別研究員・堀内渉

実施報告の詳細

ストレンジネス核物理分野における研究は、この数年間の実験技術の進歩により、飛躍的に発展している。例えば、軽いラムダハイパー核に対して、数 keV の精度でガンマ線の精密実験が初めて可能となり、まだ未知の部分の多い ΛN 間相互作用についての貴重な情報が得られつつある。また、ツインラムダハイパー核の生成や新しいダブルラムダハイパー核、 ${}^6\text{He}_{\Lambda\Lambda}$ 、 ${}^{10}\text{Be}_{\Lambda\Lambda}$ が観測されたことが、皆無に等しい $\Lambda\Lambda$ 間相互作用の決定に重要な足がかりとなっている。今後、ストレンジネス核物理の分野では、実験面ではアメリカの JLAB、日本の Spring8、さらには KEK における J-PARC への大きな展望が拓いている。この状況下で、ストレンジネス核物理の分野は、ハイペロン核子(YN)間、ハイペロン-ハイペロン(YN)間相互作用を統一的に理解することを大きな目的の一つとして、理論・実験の両面から活発に研究が進行中である。

近年、JLAB において電子散乱実験によって ${}^7\text{He}_{\Lambda}$ などの軽いラムダハイパー核の生成実験が行われ、これらの核の束縛エネルギーが測定された。そこで、現在、理論的に期待されていることは、これらの核の構造研究から、どういう新しい物理が引き出すことができるのか研究することである。そこで、本年度は、 ${}^7\text{He}_{\Lambda}=\alpha+\alpha+n+n$ 、 ${}^{10}\text{B}_{\Lambda}$ 、 ${}^{10}\text{Be}_{\Lambda}=\alpha+\alpha+\Lambda+N$ の 4 体問題に基づいてその束縛エネルギーを 100keV の精度で求めた。この 7 体系、および 10 体系の計算は荷電対称性の破れの効果で大変重要であり、今回の計算から 10 体系の束縛エネルギー測定実験の提案を行うことを考えている。この成果については、現在論文を投稿中である。また、これまでの研究成果を few-body systems にレビュー論文として掲載された。

現在、物性物理分野での最重要課題の一つは、universality の探査研究である。これまでに世界中のさまざまな研究グループが、 ${}^4\text{He}$ や ${}^6\text{Li}$ 原子の Effimov state の理論的示唆を与えてきたが、厳密計算による理論研究は今のところされていない。そこで最初のステップとして、 ${}^4\text{He}$ の 3 体、4 体計算を行い、束縛エネルギーを精密に求める。実際、LM2M2 ポテンシャルなどのような、現実的な ${}^4\text{He}$ - ${}^4\text{He}$ 原子ポテンシャルを用いた dimer, trimer, tetramer の精密少数多体計算が最近話題を集めている。これら両分野で用いる粒子間相互作用は非常に強い斥力心と long-ranged tail (ハイパー核ではクーロン相互作用) を持つため、これらを同時に記述できる計算法を確立する必要がある。平成 23 年度は、LM2M2 potential、という ${}^4\text{He}$ - ${}^4\text{He}$ potential を用いた dimer, trimer, tetramer の 2 体～4 体構造計算を行った。特に、非常に浅い tetramer の励起状態を精度よく得ることができた。さらにこの得られた励起状態から dimer-pair model を提案し、5 体以上の ${}^4\text{He}$ の原子系の励起状態のエネルギーの見積もることができるとを提案した。