

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24540294

研究課題名(和文) 厳密少数粒子系計算法の確立とチャームハイパー核への応用

研究課題名(英文) establishment of method of few-body problem and its application to charm hypernuclei

研究代表者

肥山 詠美子 (Hiyama, Emiko)

国立研究開発法人理化学研究所・仁科加速器研究センター・准主任研究員

研究者番号：10311359

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究目的は、チャームバリオンと原子核で構成されるチャームハイパー核の構造研究を行うことにより、チャームバリオン-核子間の相互作用の構築を目指し、チャームハイパー核の束縛状態としての存在の有無を決定付けることである。この研究のために、one-boson exchange模型の立場から、チャームバリオン-核子間の相互作用を構築した。この相互作用は cN - cN - c^*N 結合を含む相互作用である。この相互作用を用いて、 NNN - c - NNN - c の結合4体計算を行い、確かに束縛状態として存在することを指摘した。

研究成果の概要(英文)：The main aim of this project is to investigate the existence of charm-hypernuclei as a bound state, which is composed of charm baryon and nuclei and to construct the interaction between charm baryon and nucleon by the study of structure of charm-hypernuclei. For this purpose, we constructed charm baryon-nucleon interaction from view point of one-boson exchange model. The constructed interaction is included cN - cN - c^*N coupling. With the use of this interaction, we pointed out to have a bound state with $A=4$ charm hypernucleus by solving a couple channel calculation of NNN - c - NNN - c four-body problem.

研究分野：原子核理論

キーワード：ハイパー核 少数多体系問題 ハイペロン-核子相互作用

1. 研究開始当初の背景

J-PARCにおいて、ストレンジネスを含む原子核の構造研究が着実に進むことにより、ハイペロン-核子間、ハイペロン-ハイペロン間相互作用の情報が格段に得ることができるようになった。次の研究課題は、チャームバリオン-核子間相互作用の決定であり、このためには、チャームバリオンを含む原子核の精密構造計算が必要となり、この研究が急務となっていた。

2. 研究の目的

本研究目的は、チャームバリオンと原子核で構成されるチャームハイパー核の構造研究を行うことにより、チャームバリオン-核子間の相互作用の構築を目指し、チャームハイパー核の束縛状態としての存在の有無を決定付けることである。

3. 研究の方法

この研究のために、one-boson exchange 模型の立場から、チャームバリオン-核子間の相互作用を構築した。この相互作用は cN - cN - c^*N 結合を含む相互作用である。また、相互作用を使用した精密構造計算が必要となる。この計算のために、自身で開発した「無限小変位ガウス・ローブ基底関数」を用いて、 NNN - c - NNN - c の結合 4 体計算を行った。

4. 研究成果

NNN - c の本格的計算のために、ストレンジネスを含む原子核の精密計算を行い、下記のような業績を挙げた。主な業績を報告する。

- (1) N 荷電対称性の破れの効果の研究
 cN 相互作用においても、荷電対称性の破れの効果については将来、議論になることを踏まえて、長年議論が行われてきた N 荷電対称性の破れについての研究を行った。この研究の最適な核が ^{10}Be および ^{10}B である。この原子核を N の 4 体問題に基づき、荷電対称性の破れの効果を議論した。
- (2) 中性子過剰ラムダハイパー核の研究
 近年、 ^6H および ^7He が実験で発見された。これらの原子核は、ハイパー核分野で最も不定性の大きな N - N 結合について情報を与える重要な原子核である。まず、 ^6H を tnn の 4 体問題に基づき、構造計算を行った。しかしながら、実験の示唆するような束縛状態を得ることができなかった。報告者は ^6H のさらなる確定実験の実施を強く期待している。
- (3) チャームバリオンエネルギー準位の理論的予言
 チャーム原子核の研究に必要不可欠なことは、チャームバリオン自身のエネルギースペクトルを再現することである。その研究において、構成子クオーク模型に基づいて、研究を行い、波動関数を求め、バリオン励起状態の構造の詳細を明らかにした。

5. 主な発表論文等

(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 16 件)

- H. Togashi, E. Hiyama, Y. Yamoto, M. Takano, Equation of state for neutron stars with hyperons using a variational method, Physical Review C, 93,2016,035808-03521
- E. Hiyama, M. Isaka, M. Kamimura, T. Myo, T. Motoba, Resonant states of the neutron-rich hypernucleus ^7He , Physical Review C, 91,2015,054316-04544322
- R. Hikota, Y. Funaki, E. Hiyama, M. Oka, Radiative capture reaction rate from to H dibaryon in the imaginary time method, Physical Review C, 92,2015,015205-015215
- Emiko Hiyama, Yasuro Funaki, Norbert Kaiser and Wolfram Weise, Alpha-clustered and chiral SU(3) dynamics, PTEP, 13,2014,D01-D14
- B-N. Lu, E. Hiyama, H. Sagawa and S-G. Zhou, Superdeformed within relativistic mean field models, Physical Review C, 89-2014,044307-1~7
- Emiko Hiyama, S. Ohnishi, B.F. Gibson and Thomas A. RIKEN, Three body structure of the nn system with N - N coupling, Physical Review C, 89,2014,061302-1~5(R)
- Emiko Hiyama and Masayasu Kamimura, University in Efimov-associated tetramers in ^4He , Physical Review A, 90-2014,052514-1~10
- H-J. Schulze and Emiko Hiyama, Skyrme force for light and heavy hypernuclei, Physical Review C, 90,2014,047301-1~4
- Jinniu Hu, Emiko Hiyama and Hiroshi Toki, Effective N potential from relativistic Brueckner-Hartree Fock theory, Physical Review C, 90,2014,014309-1~9
- Emiko Hiyama, Shota Ohnishi, Masayasu Kamimura and Yasuo Yamamoto, Four-body structure of neutron-rich hypernucleus ^6AH , Nuclear Physics A, 908,2013,29-39
- Shin-Ichi Ohtsubo, Yoshihiro Fukushima, Masayasu Kamimura and Emiko Hiyama, Complex-scaling calculation of three-body resonances using complex-rang Gaussian basis functions: Application to 3 resonances in ^{12}C , PTEP, 73,2013,D02-D018
- Akira Yokota, Emiko Hiyama and Makoto Oka, Possible existence of

charmonium & nucleus bound states, PTEP, 113, 2013, D01-D019
E. Hiyama and Y. Yamamoto, Structure of ^{10}Be and ^{10}B hypernuclei studied with the four-body cluster model, Progress of Theoretical Physics, 128, 2012, 105-104
DOI:10.1143/PTP.128.105
Pascal Naidon, Emiko Hiyama and Masahito Ueda, University and the three-body parameter of 4He trimers, Physical Review A, 2012, 012502-012509
Emiko Hiyama and Masayasu Kamimura, Linear correlations between 4He trimer and tetramer energies calculated with various realistic 4He potentials, Physical Review A, 85, 2012, 062505-062515
Emiko Hiyama and Masayasu Kamimura, Variational calculation of 4He tetramer ground and excited states using a realistic parabolic potential, Physical Review A, 85, 2012, 022502-022517

[学会発表](計 60 件)

肥山詠美子 'Structure of neutron hypernucleus ^7He ', Japan-China Joint Symposium on Nuclear physics(招待講演)(国際学会), 2015年11月8日~2015年11月18日, 大阪, 日本
肥山詠美子 'Structure of light few-body hypernuclei', Korea Physics meeting(招待講演)(国際会議), 2015年10月21日~2015年10月23日, Gyeonju, Korea
肥山詠美子 'Structure of light Λ hypernuclei', International Conference on Nuclear Fragmentation 2015(NUFRA2015)(招待講演)(国際学会), 2015年10月4日~2015年10月11日, Kemer, Turkey
肥山詠美子 'Structure of few-body light hypernuclei', HYP2015:12th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle(招待講演)(国際学会), 2015年9月13日~2015年9月18日, Newport News, U.S.A
肥山詠美子 'Structure of few-body light hypernuclei', HYP2015:12th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics(招待講演)(国際学会), 2015年9月7日~2015年9月12日, 仙台, 日本

肥山詠美子 'Structure of neutron-rich Λ hypernucleus, $^7_\Lambda\text{He}$ ', CKOR JPARC Workshop(招待講演)(国際学会), 2015年8月24日~2015年8月27日, プサン, 韓国
肥山詠美子 'Few-body view of hypernuclei', EMMI Workshop: Anti-matter, hyper-matter and exotica production at the LHC(招待講演)(国際学会), 2015年7月20日~2015年7月22日, ジュネーブ, スイス
肥山詠美子 'Structure of Neutron Rich Λ Hypernuclei', The 9th APCTP-BLTP JINR Joint Workshop in Kazakhstan Modern Problems in Nuclear and Elementary Physics(招待講演)(国際学会), 2015年6月27日~2015年7月4日, Almaty, カザフスタン
肥山詠美子 'Strangeness and NS', Neutrinos and Dark Matter in Physics 2015(招待講演)(国際学会), 2015年6月1日~2015年6月5日, ユバスキュラ, Finland
肥山詠美子 'Recent progress of hypernuclear physics', 21st International Conference on Few-body Problems in Physics(招待講演)(国際学会), 2015年5月18日~2015年5月22日, Chicago, U.S.A
肥山詠美子 'Structure of neutron-rich Λ hypernuclei', FUSTIPEN Workshop "New Directions for Nuclear Structure and Reaction Theories", 2015年3月16日, Caen, France
肥山詠美子, 厳密少数多体系計算法の確立とその展開, 第922回九大原子核セミナー(招待講演), 2015年1月13日, 福岡市, 福岡県
肥山詠美子 ミクロな世界の3体・4体問題へのいざない, 理化学研究所 科学講演会 2014(招待講演), 2014年11月30日, 中央区, 東京
肥山詠美子 集中講義 '少数多体系物理の最前線' 第1回: 変分法の一般論と無限小変位ガウスローブ基底関数展開法、第二回: 少数核子系、及び不安定核物理への応用、第三回: ハドロン物理への応用、第4回-7回: パイパー核物理への応用と J-PARC を視野に入れた将来の展望, 大阪市立大学集中講義(招待講演), 2014年11月18日~2014年11月20日, 大阪市
肥山詠美子 'Structure of neutron rich hypernuclei', Achievements and Perspectives in Low-Energy QCD with Strangeness(招待講演), 2014年10月27日, Trento, Italy
肥山詠美子 'Structure of neutron-rich hypernuclei', Critical Stability 2014(招待講演), 2014年10月16日,

- Santos, Brazil
 肥山詠美子 'Structure of few-body hypernuclei', 4th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan(招待講演), 2014年10月9日, Waikoloa, Hawaii, USA
 肥山詠美子 'Three-and Four-Body Structure of 4He trimer and tetramer system', 11th Asian International Seminar on Atomic and Molecular Physics (AISAMP11)(招待講演), 2014年10月7日, Sendai, Miyagi
 肥山詠美子 'Structure of neutron-rich Lambda hypernuclei', SPHERE MEETING 2014, 2014年9月9日, Prague, Czech Republic
 肥山詠美子 'Few-body aspects of hypernuclear physics', Present Status of the Nuclear Interaction Theory(招待講演), 2014年8月28日, Beijing, china
- ⑲ 肥山詠美子 'Structure of light hypernuclei', 8th APCTP-BLTP JINR Joint Workshop(招待講演), 2014年6月30日, Jeju Island, Korea
- ⑳ 肥山詠美子 'Structure of clustering hypernuclei', SOTANCP3(3rd International Workshop on "State of the Art in Nuclear Cluster Physics(招待講演), 2014年5月30日, Yokohama, Kanagawa
- ㉑ 肥山詠美子 'Structure of light Lambda hypernuclei by (e,e'K+)reaction', Hypernuclear Workshop at Jefferson Lab.(招待講演), 2014年5月27日, Newport News, VA,USA
- ㉒ 肥山詠美子 'Three -and four-body calculations of 3He and 4He atomic systems and structure of light hypernuclei', Few-body University in Atomic and Nuclear Physics:Recent Experimental and Theoretical Advances, 2014年5月15日, Seattle, Washington, USA
- ㉓ 肥山詠美子 'Structure of light hypernuclei', Sixth Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics APFB 2014, 2014年4月10日, Hahndorf, Australia
- ㉔ 肥山詠美子 'Recent Progress in Nuclear Physics', A celebration of the Science of Female Researchers in JAPAN(招待講演), 2014年3月28日, Wako, JAPAN
- ㉕ 肥山詠美子 'Structure of S=-1 system', Third Korea-Japan workshop on nuclear and hadron physics at J-PARC, 2014年3月20日, Inha, Korea
- ㉖ 肥山詠美子 'Structure of light Lambda hypernuclei', Workshop on "New aspects of baryon many-body structure", 2014年3月9日, Nagano, JAPAN
- ㉗ 肥山詠美子 'Structure of few-body hypernuclei', Japan-Korea Joint Workshop for Hyperons in Nuclear and Astorophysics with related topics(Hyperon*)(招待講演), 2014年3月3日, Seoul, Korea
- ㉘ 肥山詠美子 '4He trimer and tetramer systems using realisti 4He potential', International Molecule-type Workshop on New correlations in exotic nuclei and advances of theoretical models, 2014年2月13日, Kyoto, JAPAN
- ㉙ 肥山詠美子 'Recent advances in studies of neutron-rich hypernuclei's structure', Seminar at Universita degli studi di TORIN(招待講演), 2014年2月5日, Torino, Italy
- ㉚ 肥山詠美子 'Gaussian Expansion Method and its application to atomic and nuclear physics', Seminar at Universita degli studi di MILANO(招待講演), 2014年2月3日, Milano, Italy
- ㉛ 肥山詠美子 'Gaussian Expansion Method and its application to atomic and nuclear physics', Seminar at Institut Non Lineaire de Nice(招待講演), 2014年1月30日, Nice, France
- ㉜ 肥山詠美子 'Precise calculation of light hypernuclei', The 10th JSPS Core-to-Core Symposium, 2013年12月9日, Prague, Czech
- ㉝ 肥山詠美子 'Few-body structure of light hypernuclei', The Seventh International Symposium on Chiral Symmetry in Hadrons and Nuclei(招待講演), 2013年10月29日, Beijing, China
- ㉞ 肥山詠美子 'Three-and Four-Body Structure of Neutron-Rich Lambda Hypernuclei', 2013年10月9日, Jerusalem, Israel
- ㉟ 肥山詠美子 'Structure of light Lambda hypernuclei', NUFRA2013 International Conference on Nuclear Fragmentation 2013(招待講演), 2013年10月1日, Kemer(Antalya), Turkey
- ㊱ 肥山詠美子 'Recent progress in hypernuclear physics', Radioactive isotopes and Nuclear Astrophysics with related topics(RIaNA)(招待講演), 2013年9月26日, Pohang, Korea
- ㊲ 肥山詠美子 'Few-body structure of light hypernuclei', The 22nd European Conference on Few-Body Problems in Physics(招待講演), 2013年9月9日, Krakow, Poland
- ㊳ 肥山詠美子 'Theoretical situation about H6L', Present status on subject

- of H5 and H6Lambda, 2013年8月30日, 大阪、日本
- ④① 肥山詠美子 'AN- N coupling in A=4 hypernuclei, the Importance of Tensor Interactions in Nuclear and Hadron Structures, 2013年7月12日, 大阪市、日本
- ④② 肥山詠美子 'S=-2 原子核の構造', ハイパ-核物理の発展と今後の展望, 2013年7月7日, 志摩市、三重県
- ④③ 肥山詠美子 'Four-and five-body calculation of double Lambda hypernuclei', The 11th International Conference on Low Energy Antiproton Physics(LEAP2013), 2013年6月12日, Uppsala, Sweden
- ④④ 肥山詠美子 'Three-and four-body structure of hypernuclei using cluster model', Clustering Aspects in Nucleri(招待講演), 2013年4月9日, Beijing, China
- ④⑤ 肥山詠美子 'Baryon-interaction and structure of few-body systems', 新学術領域「素核宇宙融合」x「新ハドロン」クロスオーバー研究会 多様な手法でせまるハドロン物理への挑戦 (招待講演)
- ④⑥ 肥山詠美子 'Few-body calculation of light hypernuclei', Workshop on "Hypernuclear physics with Electromagnetic Probes", 2013年2月22日 ~ 2013年2月28日, RIKEN, Wako, Saitama, Japan
- ④⑦ 肥山詠美子 'Recent progress of Hypernuclear physics', International Symposium "Nanoscience and Quantum Physics 2012, Global COE Program(招待講演)", 2012年12月17日 ~ 2012年12月19日, Tokyo, Japan
- ④⑧ 肥山詠美子 'Study of S=-2 systems', Workshop on S=-2 and the related Nuclear Physics in HIDA-Takayama 2012, 2012年11月24日 ~ 2012年11月27日, Gifu University, Japan
- ④⑨ 肥山詠美子 'Structure of S=-2 hypernuclei', Super FRS collaboration meeting, 2012年11月14日 ~ 2012年11月16日, Frankfurt, Germany
- ⑤⑩ 肥山詠美子 'Gaussian Expansion Method and application to Hypernuclear physics', Seminar at Beihang University, 2012年11月6日 ~ 2012年11月6日, Beihang University, Beihang, China
- 51 肥山詠美子 'Structure of neutron-rich hypernuclei', Seminar of Department di Fisica, Universita di Torino(招待講演), 2012年10月22日 ~ 2012年10月22日, Trino, Italy
- 52 肥山詠美子 'Structure of S=-1 and S=-2 system', New trends in the low-energy QCD in the strangeness sector: experimental and theoretical aspects(招待講演), 2012年10月15日 ~ 2012年10月19日, Trento, Italy
- 53 肥山詠美子 'Few-body structure of hypernuclei' The 8th Cina-Japan Joint Nuclear Physics Symposium(招待講演), 2012年10月14日 ~ 2012年10月15日, Beijing, China
- 54 肥山詠美子 'S=-1 and S=-2 light Hypernuclear structure', 11th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics(HYP2012)(招待講演), 2012年10月1日 ~ 2012年10月5日, Barcelona, Spain
- 55 肥山詠美子 'Four-and five-body cluster structure of hypernuclei', 10th International Conference on Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics(招待講演), 2012年9月24日 ~ 2012年9月28日, Debrecen, Hungary
- 56 肥山詠美子 'Structure of Light 3 hypernuclei' Second Korea-Japan workshop on nuclear and hadron physics at J-PARC, 2012年9月24日 ~ 2012年9月25日
- 57 肥山詠美子 'Few-body aspects of hypernuclear physics', V Tours Symposium on Nuclear Physics and astrophysics(招待講演), 2012年9月2日 ~ 2012年9月7日, Black Forest, Germany
- 58 肥山詠美子 'Structure of S=-1 and S=-2 hypernuclei', SNP12-International Workshop on Strangeness Nuclear Physics 2012(招待講演), 2012年8月27日 ~ 2012年8月29日, Osaka, JAPAN
- 59 肥山詠美子 'Variation Calculation of 4He Tetramer Ground state and Excited states using a realistic 4He-4He potential', The 20th International IUPAP Conference on Few-Body Problems in Physics(FB20), 2012年8月20日 ~ 2012年8月25日, Fukuoka JAPAN
- 60 肥山詠美子 'Recent progress and future prospect of hypernuclear physics', HAPHY 2012-04: Theories for J-PARC Physics, The Korean Hadron/Few-Body Physics Working Group, 2012年4月14日、Pohang, Korea

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称:

発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

肥山詠美子 (HIYAMA, Emiko)
理化学研究所、仁科加速器研究センター・
准主任研究員
研究者番号：10311359

(2) 研究分担者

岡 真 (OKA, Makoto)
東京工業大学、理工学研究科、教授
研究者番号：60144606

(3) 連携研究者

()

研究者番号：