

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 仁科加速器研究センター
受理番号 Proposal No.	大型 13/14-01	研究課題名 Program title	少数粒子多体問題に基づいたストレンジネスを含む核物理と超冷却原子の研究

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。

報告者らは、これまでこの目的を達成させるために、独自の少数粒子系計算法を提唱、発展させてきた。

平成 25 および 26 年度は、この計算法を不安定核、ハイパー核、中性子星の状態方程式、と超冷却原子分野に適用し、その分野で話題になっている物理を暴き、さらには、翻って、計算法をさらに発展させることを目的とした。特にハイパー核物理では、 $nn\Lambda$ 3 体系の束縛状態の有無を確かめるべく、 $NN\Lambda + NN\Sigma$ 結合 3 体計算を行った。その結果、実験が示唆した束縛状態を再現することができず、更なる $nn\Lambda$ 再実験の提案を行った。

(英文)

One of the important purpose in nuclear physics is to obtain new understanding, to predict the Physics and to guide the experiment by solving quantum mechanical few-body problem. So far, we have been developing our method for this purpose. Especially, our aim in this financial year, is to apply our method to unstable nuclear physics, hypernuclear physics, EOS and cold atomic physics. We have studied $nn\Lambda$ system taking $NN\Lambda + NN\Sigma$ coupled channel explicitly. As a result, we had no bound state for this hypernucleus and proposed the experimentalist to perform search experiment again at JLab or GSI in the future.

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	査読つきの 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)
	4	3	0	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 Presentations at scientific meetings concerning the program									
1. 富樫甫、肥山詠美子、鷹野正利「変分法によるハイペロン物質状態方程式の研究」、 「ストレンジネスを含む原子核の最近の展開」研究会、静岡県熱川、2014年9月25日 2. H. Togashi, Y. Takehara, S. Yamamuro, K. Nakazato, H. Suzuki, K. Sumiyoshi and M. Takano, “Equation of state for nuclear matter in core-collapse supernovae by the variational method”, 3rd International Workshop on State of the Art in Nuclear Cluster Physics (SOTANCP3), May 28, 2014, Yokohama, Japan 3. E. Hiyama, ‘Four-body calculation of 4He tetramer and light hypernuclei using realistic two-body potentials’, INT workshop on ‘few-body universality in Atomic and Nuclear Physics’, Seattle, U.S.A., May, 2014. 4. E. Hiyama, ‘Structure of light Λ hypernuclei by $(e, e'K^+)$ reaction, JLab, U.S.A., May. 2014.									
査読付きの学術論文(雑誌名等には 巻、頁、発表年を記載) (*) 不足する場合には追加願います。 Refereed Journal Articles (name of journal, volume, page, year)									
1	<table border="1"> <tr> <td>著者名 Author</td> <td>E. Hiyama, Y. Funaki, N. Kaiser and W. Weise</td> </tr> <tr> <td>タイトル title</td> <td>“Alpha-clustered hypernuclei and chiral SU(3) dynamics</td> </tr> <tr> <td>雑誌名 name of journal</td> <td>Prog. Thor. Exp. Phys. 2014, 013D01</td> </tr> <tr> <td>URL</td> <td>http://ptep.oxfordjournals.org/content/2014/1/013D01.full.pdf+html?sid=ee817f25-ea35-46ea-a98e-89f47d2d5cd0</td> </tr> </table>	著者名 Author	E. Hiyama, Y. Funaki, N. Kaiser and W. Weise	タイトル title	“Alpha-clustered hypernuclei and chiral SU(3) dynamics	雑誌名 name of journal	Prog. Thor. Exp. Phys. 2014, 013D01	URL	http://ptep.oxfordjournals.org/content/2014/1/013D01.full.pdf+html?sid=ee817f25-ea35-46ea-a98e-89f47d2d5cd0
著者名 Author	E. Hiyama, Y. Funaki, N. Kaiser and W. Weise								
タイトル title	“Alpha-clustered hypernuclei and chiral SU(3) dynamics								
雑誌名 name of journal	Prog. Thor. Exp. Phys. 2014, 013D01								
URL	http://ptep.oxfordjournals.org/content/2014/1/013D01.full.pdf+html?sid=ee817f25-ea35-46ea-a98e-89f47d2d5cd0								
2	<table border="1"> <tr> <td>著者名</td> <td>E. Hiyama and M. Kamimura</td> </tr> <tr> <td>タイトル</td> <td>Universality in Efimov-associated tetramers in 4He</td> </tr> <tr> <td>雑誌名等</td> <td>Physical Review A90, 052514(2014)</td> </tr> <tr> <td>URL</td> <td>https://journals.aps.org/prapdf/10.1103/PhysRevA.90.052514</td> </tr> </table>	著者名	E. Hiyama and M. Kamimura	タイトル	Universality in Efimov-associated tetramers in 4He	雑誌名等	Physical Review A90, 052514(2014)	URL	https://journals.aps.org/prapdf/10.1103/PhysRevA.90.052514
著者名	E. Hiyama and M. Kamimura								
タイトル	Universality in Efimov-associated tetramers in 4He								
雑誌名等	Physical Review A90, 052514(2014)								
URL	https://journals.aps.org/prapdf/10.1103/PhysRevA.90.052514								
3	<table border="1"> <tr> <td>著者名</td> <td>E. Hiyama, S. Ohnishi, B. F. Gibson and Th. A. Rijken</td> </tr> <tr> <td>タイトル</td> <td>Three-body structure of the $nn\Lambda$ system with ΛN-ΣN coupling</td> </tr> <tr> <td>雑誌名等</td> <td>Physical Review C89, 061302(R) (2014)</td> </tr> <tr> <td>URL</td> <td>https://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.89.061302</td> </tr> </table>	著者名	E. Hiyama, S. Ohnishi, B. F. Gibson and Th. A. Rijken	タイトル	Three-body structure of the $nn\Lambda$ system with ΛN - ΣN coupling	雑誌名等	Physical Review C89, 061302(R) (2014)	URL	https://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.89.061302
著者名	E. Hiyama, S. Ohnishi, B. F. Gibson and Th. A. Rijken								
タイトル	Three-body structure of the $nn\Lambda$ system with ΛN - ΣN coupling								
雑誌名等	Physical Review C89, 061302(R) (2014)								
URL	https://journals.aps.org/prc/pdf/10.1103/PhysRevC.89.061302								
プロシーディング論文(雑誌名等には 巻、頁、発表年を記載) (*) 不足する場合には追加願います。 International Conference Proceedings (name of journal, volume, page, year)									
1.	<table border="1"> <tr> <td>著者名 Author</td> <td>H. Togashi, Y. Takehara, S. Yamamuro, K. Nakazato, H. Suzuki, K. Sumiyoshi and M. Takano</td> </tr> <tr> <td>タイトル title</td> <td>NUCLEAR EQUATION OF STATE FOR CORE-COLLAPSE SUPERNOVAE WITH REALISTIC NUCLEAR FORCES</td> </tr> </table>	著者名 Author	H. Togashi, Y. Takehara, S. Yamamuro, K. Nakazato, H. Suzuki, K. Sumiyoshi and M. Takano	タイトル title	NUCLEAR EQUATION OF STATE FOR CORE-COLLAPSE SUPERNOVAE WITH REALISTIC NUCLEAR FORCES				
著者名 Author	H. Togashi, Y. Takehara, S. Yamamuro, K. Nakazato, H. Suzuki, K. Sumiyoshi and M. Takano								
タイトル title	NUCLEAR EQUATION OF STATE FOR CORE-COLLAPSE SUPERNOVAE WITH REALISTIC NUCLEAR FORCES								

	雑誌名等 name of journal	
	URL	http://conferenceseries.iop.org/content/home
2.	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	
3.	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	
<p>その他（学位論文、紀要、投稿中の論文を含む）（著者、タイトル、論文種別、URL を記載） Others (thesis for a degree, bulletin, papers to be published, etc.)</p>		
<p>1. IOP Conference Series</p>		
<p>特記（本研究に関係した、新聞記事・著作、受賞など）（過去に遡っても構いません。） Special Notes (newspaper article, literary works, awards, etc.)</p>		
<p>1. 2.</p>		

1. 研究組織

(1) 研究責任者氏名：肥山詠美子

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・准主任研究員

(2) 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

(3) 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

所属機関・部局・職名：数納広哉、理化学研究所・仁科加速器研究センター・特任協力研究員

所属機関・部局・職名：船木靖郎、理化学研究所・仁科加速器研究センター・協力研究員

所属機関・部局・職名：井坂政裕、理化学研究所・仁科加速器研究センター・基礎特別研究員

所属機関・部局・職名：富樫甫、理化学研究所・仁科加速器研究センター・特別研究員

2. 当該年度の実施報告の詳細

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。申請者らは、これまでこの目的を達成させるために、独自の少数粒子系計算法を提唱、発展させてきた。当該年度については、中性子過剰原子核にラムダ粒子を付加した中性子過剰ラムダハイパー核の構造に焦点を当てて研究を行った。特に、2013年に、ドイツのGSI研究所において、 $nn\Lambda$ 原子核が束縛状態として報告され、ハイパー核分野において、この原子核を束縛状態として理論的に記述可能であるかどうか大きな焦点となった。この理論的要求に答えるべく、我々のグループでは、 $NN\Lambda + NN\Sigma$ の結合3体問題計算を行った。結論としては、実験グループの報告のように束縛状態をだすことは不可能であり、現在のところ、再実験の可能性を理論として提案している。また、JLabにおいて、 ${}^7_{\Lambda}\text{He}$ の発見に伴い、理論的に ${}^7_{\Lambda}\text{He}$ の新しい状態の発見の可能性を探ることが理論的に最重要課題となっている。現在、 ${}^7_{\Lambda}\text{He}$ を $\alpha + \Lambda + n + n$ の4体問題に基づき、複素回転法を活用することによって、束縛状態および共鳴状態の範囲まで状態の探査を行っている。理論的には、コア原子核である ${}^6\text{He}$ に第22⁺状態の存在の可能性を、 ${}^7_{\Lambda}\text{He}$ には、その状態に対応する5/2⁺, 3/2⁺ 状態の存在の可能性を示唆しており、Physical Review C に投稿中である。

さらに当該年度は、無限量子多体変分計算法として代表的なクラスター変分法を用いて、核子 (N) とラムダ粒子 (Λ) で構成された絶対零度 Λ ハイペロン物質の状態方程式 (EOS) を作成し、中性子星の構造計算へと適用した。 $N - \Lambda$ 間及び $\Lambda - \Lambda$ 間に働く二体相互作用に主眼を置いた研究の結果、中性子星内部において Λ 粒子が出現する密度領域は、 $N - \Lambda$ 相互作用に大きく依存することがわかった。

3. 口頭発表、発表論文 (査読)、国際プロシーディングス論文、その他の投稿中の論文等のリスト

別紙に添付