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：奈良女子大学・理学部・助教授

(2) 研究従事者氏名：根村英克

所属機関・部局・職名：理化学研究所・岩崎先端中間子研究室・基礎特別研究員

(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・ミュオン科学研究室・研究嘱託

(4) 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・助手

(5) 共同従事者氏名：山中信弘

所属機関・部局・職名：理化学研究所・原子物理研究室・基礎特別研究員

2. 当該年度の実施報告の詳細

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、${}^{6}_{\Lambda\Lambda}\mathrm{He}$、${}^{10}_{\Lambda\Lambda}\mathrm{Be}$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 TJLAB、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 (YY) 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。特に、理論面から要求される最近の緊急な課題は、構造とタイアップした YY 相互作用の決定、J-PARC を視野に入れた新しいダブルラムダハイパー核や Ξ ハイパー核のエネルギーレベルの予言である。特に Ξ ハイパー核のスペクトロスコピー実験は、J-PARC における実験が実行に移った際、ハイパー核実験として最初に行なう実験である。従って、Ξ ハイパー核のエネルギー準位の理論的予言は急務とされている。

報告者等 (肥山・根村・上村) の主たる研究目的は、軽いダブルラムダハイパー核、及び Ξ ハイパーの 3 体 ~ 6 体問題に基づいた構造計算を行い、YY 相互作用の決定、J-PARC を視野に入れた新しいダブルラムダハイパー核・Ξ ハイパー核のエネルギー準位の予言を行うことである。p 殻ダブルラムダハイパー核、${}^{6}_{\Lambda\Lambda}\mathrm{He}$ を $\alpha+\Lambda+\Lambda$ の 3 体問題、${}^{7}_{\Lambda\Lambda}\mathrm{Li}$, ${}^{7}_{\Lambda\Lambda}\mathrm{He}$, ${}^{8}_{\Lambda\Lambda}\mathrm{Li}$, ${}^{9}_{\Lambda\Lambda}\mathrm{Li}$, ${}^{9}_{\Lambda\Lambda}\mathrm{Be}$, ${}^{10}_{\Lambda\Lambda}\mathrm{Be}$ を $\alpha+x(=n,p,d,t,{}^{3}\mathrm{He},\alpha)+\Lambda+\Lambda$ の 4 体問題に基づき、J-PARC での実験に先駆けたエネルギーレベルの予言と波動関数の算出を行った。また、KEK-E373 で発見された ${}^{10}_{\Lambda\Lambda}\mathrm{Be}$ (デマチヤナギイベント) が励起状態の発見であることを指摘した。また準備的段階であるが、現実的 ΞN 相互作用を用いて、$NNN\Xi$ ハイパー核の 4 体計算を行い、エネルギー準位の予言を行なった。

報告者等は既に ${}^{5}_{\Lambda}\mathrm{He}$ の 5 体問題を解くことに成功している．そして，${}^{5}_{\Lambda}\mathrm{He}$ における，${}^{4}\mathrm{He}$ コア核の組み替え効果によるエネルギーの変化がかなり大きいことを，これまでに明らかにしてきた．

その後，$S=-2, A \leq 6$ の系の研究をすすめ，昨年 10 月には，アメリカの jlab における国際会議 (HYP2003) で，講演発表を行なった．

μCF おいてミュオンの最大の損失は、ミュオンが核融合によって生じるヘリウム原子核に捕まり μCF のサイクルから外れる「α 付着」である。核融合後ヘリウム原子核は MeV オーダーの運動エネルギーを持つためこれに付着したミュオンは周囲の水素原子と衝突し、ヘリウム原子核からはぎ取られる (ミュオン再活性化と呼ぶ)。現在ミュオン再活性化に関する精密な計算がないため、ミュオン活性化後のミュオン付着率に理論と実験値で大きな食い違いがあり、この反応のエネルギー依存性等を調べる事により μCF のサイクル率を増加させる可能性もある。GEM による反応の高速かつ高精度な計算法を開発し、ミュオン、陽電子、反陽子等を含むエキゾチック原子分子、ストレンジネスを含むハイパー原子核や中性子過剰核等の少数多体系の構造および反応の計算に適用し、数々の成功を収めてきた。また、TDCC により、陽電子衝突による Ps (電子と陽電子の束縛系) 生成、水素原子の励起およびイオン化、弾性散乱の断面積の計算を広いエネルギー範囲において実験値をうまく再現すると共に波動関数の時間変化により反応のダイナミクスを視覚的に表現する事に成功した。また本研究により時間に依存する計算で初めて弾性散乱の計算を可能にした。

3. 口頭研究発表、発表論文 (査読)、国際会議のプロシーディング論文、そのほかの投稿中の論文等のリスト

1. H. Nemura, S. Shinmura, Y. Akaishi and Khin Swe Myint, "*Full-Coupled Channel Approach to Doubly Strange s-Shell Hypernuclei*", nucl-th/0407033, submitted to Phys. Rev. Lett.

国際会議報告書

1. H. Nemura and Y. Akaishi, "*Rearrangement Energies for Light Hypernuclear Systems*", Proceedings of the 17th International IUPAP Conference on Few-Body Problems in Physics (Few-Body 17), edited by W. Glöckle and W. Tornow, (Special issue of) Nucl. Phys. A737 (Elsevier, North-Holland, 2004), pp.S210-S212.

2. H. Nemura and Y. Akaishi, "*Novel Aspect of* ${}^{5}_{\Lambda}$*He and Tensor* $\Lambda N - \Sigma N$ *Coupling*", Proceedings of the 8th International Conference on Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics, edited by K. Ikeda, I. Tanihata and H. Horiuchi, Nucl. Phys. A738 (Elsevier, North-Holland, 2004), pp.254-258.

3. H. Nemura, S. Shinmura, Y. Akaishi and Khin Swe Myint, "*Full Coupled Channel Approach to* $S=-2$ *s-Shell Hypernuclear Systems*", Proceedings of the VIII International Conference on Hypernuclear & Strange Particle Physics, to be published in Nucl. Phys.

4. H. Nemura, "*Exotic Structures of Light Hypernuclei*", Proceedings of the 19th European Conference on Few-Body Problems in Physics, to be published in AIP Conf. Proc.

5. H. Nemura, "*Few-Body Systems with Strangeness*", Proceedings of the International Workshop on Strangeness Nuclear Physics, to be published by World Scientific, Singapore

6. Y. Kino, M. Kamimura, and H. Kudo, "*Numerical Accuracy of the Energy Levels of Antiprotonic Helium Atoms*", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 214, 84-88 (2004).

7. N. Yamanaka, Y. Kino, Y. Takano, H. Kudo, and A. Ichimura, "*Direct Positron Annihilation and Positronium Formation*", Materials Science Forum 445/446, 449-451 (2004).

国際会議等における口頭発表

1. H. Nemura, "*Few-Body Systems with Strangeness*", The International Workshop on Strangeness Nuclear Physics, Osaka University, Osaka, Japan, July 29-31, 2004.

2. H. Nemura, "*Four-, Five-, and Six-body Calculations of Double Strangeness s-Shell Hypernuclei*", The 3rd International Workshop on Nuclear and Particle Physics at J-PARC, Tokai, Ibaraki, Japan, August 2-4, 2004.

3. H. Nemura, "*Light Hypernuclei —— Structure of* ${}^{5}_{\Lambda}$*He and Tensor* $\Lambda N - \Sigma N$ *Coupling* ——", The Hall C Summer Physics Workshop 2004, Jefferson Lab, Newport News, Virginia, USA, August 19-20, 2004.

4. H. Nemura, "*Exotic Structures of Light Hypernuclei*", The 19th European Conference on Few-Body Problems in Physics, Groningen, The Netherlands, August 23-27, 2004.

5. E. Hiyama, M. Kamimura. A. Hosaka, H. Toki, and M. Yahiro "*Five-body calculation of resonance and continuum states of pentaquark baryons with quark-quark correlations*", International Workshop on PENTAQUAKR 04, July20-23 (2004), SPring-8, Japan.

6. E. Hiyama, "*Few-body aspects of Strangeness nuclear physics*", Korea-Japan Joint Workshop for Nuclear physics, Korea.

7. E. Hiyama, M. Kamimura. A. Hosaka, H. Toki, and M. Yahiro "*Five-body calculation of resonance and continuum states of pentaquark baryons with quark-quark correlations*", 10th Intenational Conference "Baryons04", 25-29.Oct.(2004), France.

発表論文リスト (和文)

学会発表

1. 根村 英克「$S = -2$ の世界」, 日本物理学会 2004 年秋季大会, 高知大学朝倉キャンパス, 2004 年 9 月 27-30 日.

2. 肥山詠美子、上村正康、保坂淳、土岐博、八尋正信　「クオーク 5 体系の散乱・共鳴状態の組み換えチャネル結合法による解析」日本物理学会 2004 年秋季大会, 高知大学朝倉キャンパス, 2004 年 9 月 27-30 日.

その他 (国内における研究会など)

1. 根村 英克「量子力学的少数系の精密計算の最近の成果」, RCNP ワークショップ『高速計算機を用いた研究の現状と将来』, 大阪大学 RCNP, 2004 年 11 月 10 日.

2. 根村 英克「八重項バリオン間の混合を取り入れた軽いダブルラムダ核の研究」, 研究会『バリオン力とバリオン物質』, 岩手県盛岡市清温荘, 2004 年 11 月 27-29 日.

3. 根村 英克「ストレンジネスを含んだ少数系の研究」,『少数粒子系物理の最近の発展と今後の展望』研究会— アジア・パシフィック少数粒子系国際会議 (APFB05) を目指して — , 大阪大学 RCNP, 2004 年 12 月 23-25 日.