

# 粒子宇宙論II(原子核理論研究室)

## 研究室構成員

上村 正康 教授

清水 良文 助教授

### 《 大学院 博士課程 》

緒方 一介    谷川 知憲    安本 誠一    濱畑 善行

中野 卓也

### 《 大学院 修士課程 》

三浦 文雄    屋舗 和宏    木村 龍司    長沢 泰輔

松本 琢磨

### 《 研究生 》

大坪 慎一

## 今年度の研究テーマと成果

### [I] 少数粒子系物理の研究

#### (1) 少数粒子系精密解法の研究

量子力学的3体・4体系束縛状態を精密に解く方法として、九大グループのヤコビー座標系ガウス型基底関数を用いる組替えチャンネル結合法が非常に有用であり、普遍性・使い易さ・計算速度・精度の総合面において世界最高のレベルにある。これを普及するため、九大情報基盤センターのライブラリプログラム開発の一環として汎用プログラムを作成し、一般公開(ライブラリ登録)するプロジェクトを進めている。3体系については、昨年度までに4つのプログラムを登録して終了し、九大センター広報で解説した。FORTRANプログラムを公開しているので、利用者は、自分の扱う特別な3体系用に一部書き換えて活用できる。本年度から、4体系のプログラムの一般公開・登録を目指してプログラムの汎用化を行っている。(上村、肥山(KEK))。

4体系の計算法・具体的研究例は、2000年の第16回少数粒子系物理学国際会議(Taipei)と第7回ハイパー核物理・ストレンジネス物理国際会議(Torino)において招待講演(肥山)に選ばれた。

## (2) パイペロン核子 (YN) 相互作用とハイパー核構造

ハイパー核研究の keyword のひとつは、核内における $\Lambda$ 粒子- $\Sigma$ 粒子交換である。この重要な役割を解明するために、 ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  と  ${}^4_{\Lambda}\text{He}$  核が最適であるので、 $(3N + \Lambda) + (3N + \Sigma)$  のチャンネル結合 4 体理論を用いて昨年度に引き続き計算を行った (これは現在最も困難な 4 体問題である)。現実的な YN 力、NN 力を用いて両ハイパー核の  $0^+, 1^+$  レベルのエネルギー値の説明に初めて成功し、また、両レベルが束縛するために、 $\Lambda - \Sigma$  交換が本質的な役割を演じていることを明らかにした。さらに、 $\Sigma$  粒子励起によって引起される 3 体力効果の算出法を開発し、 $0^+$  状態には 0.5 MeV 程度引力的に効くが、 $1^+$  状態にはほとんど効かないことを明らかにした。(肥山 (KEK)、上村)。

## (3) 反陽子を用いる反物質科学、ミュオン触媒核融合サイクルの研究

CERN の新しい反陽子生成装置を製作・活用する科研費創成的基礎研究プロジェクト「反陽子を用いる反物質科学」(平成 10-14 年)の理論班代表を努めている(上村)。上記(1)の「チャンネル結合法」を用いて、反陽子、電子、ヘリウム原子核からなる 3 体系「反陽子ヘリウム原子」の準安定状態のエネルギー準位の精密計算を引き続き行っている。相対性理論および QED の補正を加えた準位間遷移エネルギーの計算値は、CERN での精密レーザー実験値 (10 数個) と実験誤差の範囲で一致し (波長で 7 桁)、レベル構造のほぼ完全な理解に至った。またこの結果から反陽子の質量は、陽子の質量に比べて相対差が  $3 \times 10^{-7}$  以内であることを導出した。実験・理論の協調によるこの新しい反陽子質量の値 (従来より 2 桁向上) は、2000 年度の「Particle Data(素粒子リスト)」に掲載され、反陽子の質量としては、同リスト上初めての「公式推奨」値となった。また、2000 年夏に CERN で発見された反陽子ヘリウム原子の  $J = 33, v = 3$  の準位は、「隣接する短寿命状態を介して連続状態と結合する特殊な新しいタイプの状態」として我々が予言していたが、予言どうりのエネルギー値で発見され、我々の理論計算法の評価をさらに高めた。

ミュオン触媒核融合研究において、ミュオン分子イオンの高い励起共鳴状態を経由する新サイクルが注目されている。昨年度、新しく開発がスタートした「複素サイズガウス型基底関数を使う少数体系解法」は、従来の九大流計算法における「高振動数励起状態波動関数の精密記述の困難」を解決するものと期待されるが、本年度、これをミュオン分子イオン  $pp\mu^-$  という 3 体系の高励起状態に適用し、大いに有用であることを確認し学会 (年会) 発表した。(上村、木野 (東北大))。

## (4) 不安定核の研究

太陽ニュートリノ問題における  ${}^7\text{Be}(p, \gamma){}^8\text{B}$  核反応率の不定性を無くするために、 ${}^7\text{Be}(d, n){}^8\text{B}$  反応実験の DWBA 解析を活用して、問題のガンマ線放出陽子捕獲反応率を理論的に算出する研究法が注目されている。しかし、 ${}^8\text{B}$  核は不安定陽子ハロー

核であるため、 ${}^7\text{Be}(d, n){}^8\text{B}$  反応の終状態の breakup( ${}^7\text{Be}+p$ ) 過程の効果が重要となる可能性がある。この DWBA 解析の理論的妥当性を検討するために、breakup 過程の効果を 3 体模型 (但し adiabatic 近似) によって研究し、breakup 効果は十分小さいことを確認し、DWBA 解析が妥当であることを証した。(屋舗、上村、八尋 (琉球大))。

#### (5) バリオンの構成子クオーク構造の研究

クオーク間のスピン依存短距離相関とハイペロン弱崩壊の重要な関係を解明すべく、「 $u, d$  クオークと  $s$  クオークの質量を異なるようにした上で、クオーク間の短距離相関を取り入れて、全反対称 3 体波動関数の空間部分を解く」ことを可能とする新しいタイプの多チャンネル (9 チャンネル) 計算法を提唱した。これを実行して、ハイペロンの弱崩壊確率を初め、バリオンの基底状態の準位構造、陽子・中性子荷電平均 2 乗半径、磁気能率の系統的な理解に初めて成功した。(肥山 (KEK)、鈴木 (東大)、上村)。また、これを semi-relativistic に拡張し、non-relativistic 計算の成功が壊れないことを確認した (三浦、上村、肥山)。

#### (6) 中間エネルギー領域核子-核散乱における偏極移行係数の半古典

多段階直接過程を記述する量子力学的模型は未だ完成しておらず、実験・理論理両面から盛んに研究がなされている。我々が提唱する半古典歪曲波模型 (SCDW) は、この多段階直接過程を極めて平明に記述する量子力学的模型のひとつであり、これまで 200MeV 以下の核子核散乱における断面積計算で高い成功を収めている。近年我々は相対的運動学を導入することで模型を 350–400MeV 領域へと拡張し、また偏極移行係数のひとつである減偏極の計算に応用してきた。偏極移行係数は有効相互作用に関する豊富な情報を含んだ重要な物理量であり、現在、350–400MeV 領域における盛んな測定が大阪大学核物理研究センター (RCNP) で行われている。しかし偏極移行係数の系統的解析はこれまでなされておらず、特に多段階過程の寄与の定量的評価が強く求められていた。今回我々は偏極移行係数の全成分を計算可能な新しい定式化を行い、2 段階過程まで考慮した理論計算を行った。その結果、SCDW は RCNP の実験データを広い移行エネルギー領域に渡りかなり良く再現することが確かめられた。さらに我々は、移行エネルギーが大きい領域では多段階過程が本質的な寄与を果たすこと、偏極移行係数は用いる核内有効相互作用にかなり強く依存することを明らかにした。今後のより系統的な解析によって、核内有効相互作用に関する重要な情報が得られるものと期待される (緒方、河合)。

### [II] 原子核集団運動の微視的研究

#### (1) 超変形回転バンド

近年、重イオン加速器と  $\gamma$ -線測定技術の進展によって高い角運動量を持った原子

核の高スピン極限状態を研究することが可能になってきた。一般に、与えられた角運動量に対する最低エネルギー状態をイラスト状態というが、高速回転の効果によって基底状態近傍では現れなかった色々なタイプの変形状態が低い励起エネルギー状態、すなわち、イラスト状態近傍に出現する。特に、興味深いのは慣性能率が大きくなることによって回転エネルギーで得をする巨大変形極限状態である。これまでに、質量数  $A \approx 60, 80, 130, 150, 190$  の各領域にこのような大きな変形をもつ超変形回転バンドが観測されており、いろいろな興味深い研究が行なわれている。

昨年度に引続き、このような超変形回転バンドが低スピン領域で通常変形状態に崩壊する現象の研究を行なった。これは、大きな変形状態から小さな変形状態への変形の自由度の集団座標空間の中でのトンネル現象とみなせる。現在では超変形イラスト状態だけではなく超変形励起状態の観測も進んでおり、これらすべての超変形励起状態を含めた統一的取扱いができるようにトンネル現象の理論的取扱い法の拡張を行なった。高励起超変形状態においても回転減衰 (rotational dumping) が起こるが、通常変形状態に比べてその特徴的な超変形殻構造により回転減衰巾が小さくなり、「励起超変形回転バンドの数」はかなり多くなる。これに対し、通常変形状態への崩壊の効果は逆に励起状態での「励起超変形回転バンドの数」を小さくする。このことは特に低スピン領域で重要であり、この効果を取り入れることにより実験的に評価された「励起超変形回転バンドの数」を見事に説明できることを明らかにした。(吉田 [奈良大]、松尾 [新潟大]、清水)。

## (2) 斜向クランキング法による回転運動

高速回転する原子核では変形の自由度だけでなく回転運動の自由度が核構造の理解に重要な役割を果たす。高スピン極限では回転の軸は変形の最大の慣性能率をもつ変形主軸の回りになると考えられるが、実際に観測されている状態では実際には回転軸が主軸から傾いたような回転状態が数多く存在し、この回転軸の傾きの自由度はイラスト近傍でも重要な役割を果たすことがわかってきた。それに対する最も簡単なアプローチは傾いた軸に対して定常回転を仮定する斜向クランキング法 (Tilted Axis Cranking/ Tilted Axis Rotation) である。本年度も引続きこの方法を用いて高速回転核の研究を行なっている。

まず昨年度に引続き、この回転軸の傾きの自由度に対するポテンシャルエネルギーの計算方法の開発を進めている。ここで難しい点は回転軸の傾きの変化に対して多くの場合エネルギーの変化が小さいことであり、変形の自由度と比べてより精密な計算をすることが必要になる。昨年度に開発した勾配法 (gradient method) に基づく計算法を用いることにより分析を進めているが、特に多準粒子状態では準粒子を詰める組合せの数が増えることにより収束が困難な場合が多く、これに対して準粒子軌道を透熱的に求める工夫を加える改良を検討している。また、実際には回転軸を傾ける

と変形の主軸がずれるので、この補正を行なう必要がある。変形度を止めて回転軸の傾きのみを変化させると、多くの場合その効果は小さいが変形が自己無撞着に変わる効果を含めると、ポテンシャルエネルギーに大きな影響を与える可能性がある。このように現在では、変形の自由度も含めて自己無撞着にエネルギーを求めることを検討している。またこれとは別に、斜向クランキング法の回転核への応用として、最近原子核研究所で系統的に観測されている奇核の 1 準粒子の high- $K$  強結合回転バンドに対して、そのエネルギーと電磁遷移確率を同時に説明できることを確かめた(大坪、清水)。

### (3) RPA 相関エネルギーの効率良い計算法

原子核構造の微視的理解にとって最も基本的なことは、核内核子の相互作用の効果が自己無撞着な平均場として取り込まれることである。これによって、原子核の変形や回転などが自然に理解される。しかしながら、例えば高速回転状態での物理量を角運動量(または角速度)の関数として詳細に検討してみると、平均場近似を越えた核子間の相関効果が現れる。例えば、慣性能率の角速度依存性や準粒子配位依存性などに、原子核の基底状態を超流動状態にしている対相関の効果が現れることが我々に以前の研究によりわかっている。このような平均場近似を越えた相関効果としてまず重要なのは乱雑位相近似(Random Phase Approximation, RPA)であり、RPA 相関エネルギーが基本的である。この相関エネルギーを求めるためには RPA 方程式をすべての固有値に対して解く必要があるが、我々は応答関数の方法によって陽に固有値問題を解くことなしにこの相関エネルギーを計算する方法を以前に提案したが(Rev. Mod. Phys. 61 (1989), 131)、最近になって、解析関数の性質を用いてその方法を改良しさらに効率良く計算可能なことを見出した。これによって、特に原子核構造計算で用いられる多重分離型相互作用に対し、これまでに比べ 10 倍以上計算速度を速めることができた。この新しい計算法を用いると自己無撞着な平均場近似計算さえ済ませれば、それに比べればほとんど無視できる計算時間で RPA 相関エネルギーまで求められ、この方面の研究を飛躍的に進めることが可能になった(清水、P. Donati[Milano]、R. A. Broglia[Milano, NBI])。

### (4) $jj$ -結合殻模型計算の汎用プログラムの開発

私たちは、多準位殻模型の基底ベクトルを解析的に表現する方法を考案した。一般に、多準位殻模型においては、「角運動量を結合する多くのステップや状態ベクトルの “overcomplete sets” のために、多準位殻模型の基底ベクトルを求めることは困難である」という議論がある。しかし、私たちが考案した新しい手法を利用することにより、簡単にそれを求めることが可能である。そして、その手法を用いれば、殻模型のハミルトニアン of the 行列要素が Racah 係数や  $9j$ -symbol で直接に数式で記述できる。同様に、その新しい表示法は電気・磁気モーメントや電気・磁気遷移確率の

計算にも利用可能であり、それによって、殻模型における数値計算が大幅に高速化されるものと期待できる。

さらに、私たちはこの考案された基底ベクトルの解析的表現を使った  $jj$ -結合殻模型の計算プログラムパッケージ (jjSMQ) を開発した。開発の途中で 2 体力行列要素の計算における中間状態の和が解析的に可能であることを発見し、これにより数値計算がさらに高速化されるものと期待できる。このプログラムパッケージは誰でも簡単に利用できることを目標に開発した。メインフレームはもちろんのこと、パーソナルコンピュータにおいても十分に利用可能なプログラムパッケージとなっている。

さて、 $jj$ -結合殻模型のハミルトニアン計算においては、有効相互作用としての 2 体力行列要素が必要である。このプログラムパッケージでの 2 体力行列要素の計算では、1 粒子波動関数として調和振動子型波動関数が使われている。有効相互作用としては、Yukawa 型、Gauss 型と SDI を選択することができる。USD や FPD6 や Brueckner 理論等によって得られる 2 体の  $G$ -行列 ( $K$ -行列) 等の行列要素を数値的に入力することも可能である。上述の 2 体力行列要素を使ってエネルギー固有値と固有ベクトルの計算を行う固有値方程式の計算には、ハミルトニアンの行列要素の次元がある値を超えると Lanczos 法が使用されるようになっている。さらに、プログラム“jjSMQ”では電気的遷移確率  $B(EI)$  と電気的モーメント、および磁氣的遷移確率  $B(MI)$  と磁気モーメントも求めることができる (高田、佐藤、安本)。

[参考] “jjSMQ” の URL : <ftp://kut1.kyushu-u.ac.jp/pub/takada/jjSMQ/>

#### (5) 核子空間と準粒子空間での Dyson boson mapping の汎用プログラムの開発

前述の  $jj$ -結合殻模型計算の汎用プログラムを開発する際に用いた新しい手法を利用して、閉殻から遠く離れた領域の原子核での数値計算に応用できるような汎用プログラムを開発中である。

まず、私達は、集団運動空間として陽子空間と中性子空間でのそれぞれの多種類のフォノンを取り込むことができるような汎用プログラムを前述の新しい手法を用いて開発中である。これにより、広い領域の原子核においての様々な multipolarity の相関を考慮できる Dyson boson mapping が応用可能となるはずである (安本、清水、高田)。

#### (6) 核物質における超流動への相対論的アプローチ

場の理論に立脚する相対論的ハドロン多体論は過去 20 年余理論的枠組みの構築が進められる中、非相対論的核子多体論と肩を並べる定量性を持つに至った。一方、本理論に基づく説明が未だ行き届いていない現象も一部ある。その一つが開殻有限核や中性子星で重要な対相関である。対相関の正確な記述には、粒子-粒子チャネル相互作用の振る舞いの解明が不可欠である。しかし、平均場近似で飽和性を再現するように決められたパラメータでは、この相互作用の高運動量成分における適切な振る

舞いは得られないことが知られている。その結果として、この枠組みでは過大ギャップの問題が生じる。以前我々は、別の手法で求めた信頼性の高いギャップとコヒーレンス長を再現するように、ギャップ方程式の運動量空間積分の上限にカットオフ運動量を設ける簡便法を提唱した。そして今回はより物理的な手法として、形状因子を vertex に導入する手法をとった。結果、粒子-空孔チャンネルに相対論的平均場を用いる近似の範囲で、本手法により妥当なギャップ値が得られることを見出した。カットオフの値は他の物理現象に相対論的平均場モデルを適用する際導入される形状因子のそれと定性的な一致が見られた。本手法の妥当性を示唆するものとして非常に興味深い。今後は不安定核実験技術の進展を背景とした非対称核物質でのアイソベクトル型  $np$  対相関、中性子星内部のストレンジ物質に付随的な  $\Lambda$  超流動などを視野に入れている (谷川、松崎)。

## 発表論文リスト

### 《 原著論文 》

- (1) K. Takada, M. Sato and S. Yasumoto, “A New Formulation of a Many-Level Shell Model”, *Progress of Theoretical Physics* **104** (2000), 173.
- (2) M. Matsuzaki and T. Tanigawa, “Phenomenological construction of a relativistic nucleon-nucleon interaction for the superfluid gap equation in finite density systems”, *Nuclear Physics* **A683** (2001), 406–424.
- (3) E. Hiyama, M. Kamimura, T. Motoba, T. Yamada and Y. Yamamoto, “ $\Lambda N$  Spin-Orbit Splitting in  ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$  and  ${}^{13}_{\Lambda}\text{C}$  Studied with One-Boson-Exchange  $\Lambda N$  Interactions”, *Physical Review Letters* **85** (2000) 270-273.
- (4) P. Donati, T. Døssing, Y. R. Shimizu, S. Mizutori, P. F. Bortignon and R. A. Broglia, “Effective Nucleon Mass in Deformed Nuclei”, *Physical Review Letters* **84** (2000), 4317.
- (5) Y. R. Shimizu, P. Donati and R. A. Broglia, “On the Response Function Technique for Calculating the Random-Phase Approximation Correlation Energy”, *Physical Review Letters* **85** (2000), 2260.

### 《Proceedings》

- (1) K. Ogata, M. Kawai, Y. Watanabe, Sun Weili and M. Kohno, “Calculation of spin observables with the semi-classical distorted wave (SCDW) model”, *Proceedings of the TMU-RCNP Symposium on Spin in Nuclear and Hadronic Reactions*, Tokyo Metropolitan University, Japan, Oct. 26-28, 1999, p. 17.
- (2) K. Ogata, M. Kawai, Y. Watanabe, Sun Weili and M. Kohno, “Effects of

in-medium modification of  $N$ - $N$  interaction on  $(p, p'x)$  and  $(p, xn)$  cross sections and spin transfer coefficients analyzed with semiclassical distorted wave (SCDW) model”, Proceedings of the 9th International Conference on Nuclear Reaction Mechanisms, Varenna, June 5-9, 2000, p. 201.

(3) T. Tanigawa and M. Matsuzaki, “Effect of meson mass decrease on superfluidity in nuclear matter”, *Proceedings of the International Symposium on Models and Theories of the Nuclear Mass*, RIKEN, Wako, July 19–23, 1999, RIKEN Review No. 26 (January 2000), pp. 129–132.

(4) M. Matsuzaki and T. Tanigawa, “Toward consistent relativistic description of pairing in infinite matter and finite nuclei”, *Proceedings of the International Symposium on Models and Theories of the Nuclear Mass*, RIKEN, Wako, July 19–23, 1999, RIKEN Review No. 26 (January 2000), pp. 82–86.

(5) E. Hiyama, M. Kamimura, T. Motoba, T. Yamada and Y. Yamamoto, “Four-Body calculations of  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  and  ${}^4_{\Lambda}\text{He}$  with Realistic  $YN$  and  $NN$  Interactions”, Proceedings of the APCTP Workshop (SNP’99) on Strangeness Nuclear Physics, Seoul, February 19-22, 1999 (World Scientific, Singapore, 2000), pp. 37–42.

(6) E. Hiyama, M. Kamimura, T. Motoba, T. Yamada and Y. Yamamoto, “Three-Body Model Study of  $\gamma$  Transitions in  $A = 7$  Hypernuclei”, Proceedings of the APCTP Workshop (SNP’99) on Strangeness Nuclear Physics, Seoul, February 19-22, 1999 (World Scientific, Singapore, 2000), pp.91-97.

(7) Y. Kino, M. Kamimura and H. Kudo, “High-Precision Calculation of Antiprotonic Helium Atomcules and Antiproton Mass”, Few-Body Systems, Supplement **12**(2000) (proceedings of the 1st Asian-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics, Tokyo, August 23-28, 1999), pp. 40–44.

(8) M. Hashimoto, M. Kamimura and K. Arai, “Crucial Nuclear Reactions of Light Nuclei in Astrophysics”, Few-Body Systems, Supplement **12**(2000) (proceedings of the 1st Asian-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics, Tokyo, August 23-28, 1999), pp. 92–97.

(9) K. Suzuki, E. Hiyama, H. Toki and M. Kamimura, “Roles of Quark-Pair Correlations in Baryon Structure and Non-Leptonic Weak Transitions of Hyperons”, Few-Body Systems, Supplement **12**(2000) (proceedings of the 1st Asian-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics, Tokyo, August 23-28, 1999), pp. 209–213.

(10) E. Hiyama, M. Kamimura, T. Motoba, T. Yamada and Y. Yamamoto, “Four-Body calculations of  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  and  ${}^4_{\Lambda}\text{He}$  with  $\Sigma N - \Lambda N$  conversion”, Few-Body



Systems, Supplement **12**(2000) (proceedings of the 1st Asian-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics, Tokyo, August 23-28, 1999), pp. 347–352.

(11) Y. Hamahata, E. Hiyama and M. Kamimura, “Non-adiabatic four-body calculation of double-muonic hydrogen molecules”, Proceedings of the Workshop on Ultra-high Intensity Muon Beam and Muon Science in the 21st Century, Tsububa, March 23-25, 2000.

(12) Y. Kino and M. Kamimura and H. Kudo, “Non-Adiabatic Three-Body Calculation of Muon Helium Atom and Hydrogen Nucleus Collisions in the Vicinity of Muonic Molecular Resonant States”, Proceedings of the Workshop on Ultra-high Intensity Muon Beam and Muon Science in the 21st Century, Tsububa, March 23-25, 2000.

#### 《 その他の論文 》

(1) 松崎昌之, 谷川知憲, “原子核における超流動への相対論的アプローチ”, 日本物理学会誌 55 (2000), no. 4, pp. 285–289.

(2) 谷川知憲, 松崎昌之, “核物質の超流動性への中間子質量減少の効果”, 基研滞在型研究会『多体系の場の理論の新展開』研究会報告, 素粒子論研究 102 (2000), no. 1, pp. A39–A43.

(3) 清水良文, 「2000年 原子核三者若手 夏の学校 原子核パート」講義録: 「高速回転および巨大変形の極限状態における原子核構造」, 原子核研究, Vol. 45, No. 5, 2000年12月号, pp. 9–61.

#### 著書

なし

#### 講演

#### 《 海外での講演 》

(1) K. Ogata, M. Kawai, Y. Watanabe, Sun Weili and M. Kohno, “Effects of in-medium modification of  $N - N$  interaction on  $(p, p'x)$  and  $(p, xn)$  cross sections and spin transfer coefficients analyzed with semiclassical distorted wave (SCDW) model”, The 9th International Conference on Nuclear Reaction Mechanisms, Varenna, June 5–9, 2000.

(2) M. Kamimura, “Few-Body Aspects of Hypernuclei”, The fourth China-Japan Joint Nuclear Physics Symposium, Lanzhou, China, July 31–August 2, 2000.

(3) E. Hiyama, M. Kamimura, T. Motoba, T. Yamada and Y. Yamamoto, “Three- and Four-Body Structure of Light Hypernuclei” (invited talk), The 16th International Conference on Few-Body Problems in Physics, Taipei, March 6–10, 2000.

(4) E. Hiyama, M. Kamimura, T. Motoba, T. Yamada and Y. Yamamoto, “Three- and Four-Body Structure of Light  $\Lambda$  Hypernuclei” (invited talk), The 7th International Conference on “Hypernuclear and Strangeness Physics”, Torino, October 23–27, 2000.

(5) Y. R. Shimizu, M. Matsuo and K. Yoshida, “Theoretical Study of the Decay-out Spin of Superdeformed Bands in the Dy and Hg regions”, International Conference *Nuclear Structure 2000*, East Lansing, August 15–19, 2000.

《 国内での講演 》

(1) 安本誠一, 高田健次郎, 佐藤求, “多準位での殻模型の新しい定式化と応用プログラムパッケージ: jjSMQ”, 研究会「不安定核構造への平均場モデルによるアプローチ」, 2001年1月, 理化学研究所.

(2) 緒方一介, 渡辺幸信, 孫偉力, 河野通郎, 河合光路, “350-400MeV 陽子入射核反応における2段階過程の寄与および媒質効果”, 日本物理学会 2000年春の分科会 2000年4月2日 近畿大学.

(3) 緒方一介, 渡辺幸信, 孫偉力, 河野通郎, 河合光路, “346MeV 陽子入射反応における偏極移行係数全成分の2段階過程まで考慮した理論計算”, 日本物理学会第55回年会 2000年9月22日 新潟大学.

(4) K. Ogata, Y. Watanabe, Sun Weili, M. Kohno, and M. Kawai, “Calculation of the complete set of spin transfer coefficients including one- and two-step processes in  $(p, nx)$  reaction at 346 MeV”, The 14th International Spin Physics Symposium (SPIN2000), Osaka, Japan, Oct. 16-21, 2000.

(5) 谷川知憲, 松崎昌之, “超流動ギャップ方程式に適用可能な相対論的核子間有効相互作用の構成”, 日本原子力研究所研究会 第2回『極限条件におけるハドロン科学』研究会, 2000年1月, 日本原子力研究所先端基礎研究センター.

(6) 中野卓也, 松崎昌之, “中性子星内殻の超流動性に対する相対論的アプローチ”, 日本物理学会 2000年春の分科会 2000年4月 近畿大学.

(7) 中野卓也, 松崎昌之, “相対論的平均場理論に基づく中性子星内殻の比熱計算”, 第3回「極限条件におけるハドロン科学」研究会, 2001年1月, 日本原子力研究所東海研究所.

(8) 肥山詠美子, 鈴木克彦, 土岐博, 上村正康, “ハイペロンの3クオーク構造と弱崩壊”, 日本物理学会分科会, 2000年3月31日, 近畿大学.

(9) 肥山詠美子, 上村正康, 元場俊雄, 山田泰一, 山本安夫, “A=4 ハイパー核における $\Lambda - \Sigma$  conversion の役割”, 日本物理学会年会, 2000年9月25日, 新潟大学.

(10) 戸谷由紀雄, 木野康志, 上村正康, 工藤博, “複素サイズガウス型基底関数を用いた  $H_2\mu+$  分子イオンの高励起状態の計算”, 日本物理学会年会, 2000年9月25日, 新潟大学.

(11) 肥山詠美子, 上村正康, “ダブルラムダハイパー核探査実験 BNL-E906 への予言”, 日本物理学会九州支部例会, 2000年11月25日, 琉球大学.

(12) 木野康志, 工藤博司, 上村正康, “反陽子の質量の最新決定”, 日本物理学会九州支部例会, 2000年11月25日, 琉球大学.

(13) 清水良文, “Tunneling Phenomena in Rotating Nuclei — Decay of Superdeformed Bands and K-isomers —”, 基研研究会「核構造及び低-中エネルギー重イオン核反応に於ける動的過程」, 2000年4月20-22日, 基礎物理学研究所.

(14) 清水良文, P. Donati and R. A. Broglia, “A New Method to Calculate the RPA Correlation Energy by Means of the Response Function Technique”, 日本物理学会年会, 2000年9月25日, 新潟大学.

#### 文部省科学研究費等の採択

(1) 基盤研究 (C) 「軽いハイパー核の構造とハイペロン - 核子相互作用の精密3体・4体理論による研究」(研究代表者: 上村正康)

(2) 創成的基礎研究「反陽子を用いた反物質科学」(研究分担者: 上村正康)

(3) 基盤研究 (C) 「原子核高スピン状態における回転軸傾斜自由度と変形自由度の競合現象」(研究代表者: 清水良文)

日本学術振興会特別研究員等及び共同研究の採択 (学外からの受け入れを含む)

なし

#### 他大学での集中講義

(1) 上村正康, “少数粒子系の物理”, 東京工業大学大学院理学研究科, 2000年5月14日 - 16日.

(2) 上村正康, “宇宙・天体の核物理学”, 九州工業大学工学部, 2000年7月4日 - 7日.

(3) 清水良文, “高速回転する原子核の構造”, 福井大学工学部, 2000年5月24日 - 26日.

#### 学部4年生卒業研究

吉柳泰伸, 白水敬治, 中村暢彦, 山下尚剛, 「宇宙・天体の核物理学」, 担当: 上村

#### 修士論文

(1) 三浦文雄, “クオーク・クオーク相関を非摂動的に取り入れた構成子クオークモデルの相対論的運動学に基づく拡張”, 2001年3月.

(2) 屋舗和宏, “太陽ニュートリノ関連反応  ${}^7\text{Be}(d, n){}^8\text{B}$  反応におけるブレークアップ過程の研究”, 2000年3月.

#### 博士論文

(1) 緒方一介, “Semiclassical distorted wave model analysis of the spin observables in  $(p, p'x)$  and  $(p, nx)$  reactions to continuum at intermediate energies” (中間エネルギー領域  $(p, p'x)$  及び  $(p, nx)$  多段階直接過程におけるスピン偏極量の半古典歪曲波模型を用いた理論的解析), 2001年3月.

(2) 谷川知憲, “Study of Superfluidity in Nuclear Matter with Quantum Hydrodynamics” (量子ハドロン力学による核物質の超流動性に関する研究), 2001年3月.

#### 外国人留学生の受け入れ

なし

#### 学外での学会活動

(1) 日本物理学会九州支部委員 (上村), 2000年9月 - 2001年8月

#### 受託研究・民間との共同研究

なし