

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03824

研究課題名（和文）原子核密度汎関数法によるベータ崩壊率の微視的・系統的計算手法の確立

研究課題名（英文）Establishment of the nuclear energy-density functional method for a microscopic and systematic calculation of beta-decay rate

研究代表者

吉田 賢市 (Yoshida, Kenichi)

大阪大学・核物理研究センター・准教授

研究者番号：00567547

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：広い質量数領域にある不安定核のベータ崩壊率を計算するため、原子核密度汎関数法に基づく計算コードの開発を行った。変形核において、許容遷移に加えて第一禁止遷移を取り扱えるようにすることで、世界的にも最も進んだ枠組みの一つとなった。クーロン力が強い重い中性子過剰核のベータ崩壊にも適用できるような定式化を完成させた。更に高次の禁止遷移に対応する励起モードを分析をし、実験との比較を行うことで現在のコードや計算に用いている相互作用の妥当性を確かめた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

重い元素の起源とされるr-過程元素合成では、中性子ドリップ線近傍に至る広い質量数領域にある不安定核の種々の反応が起きている。その中でもベータ崩壊は原子番号を大きくする過程であり、ベータ崩壊率はr-過程を記述する上で最も重要な反応率である。実験では到達できない重い中性子過剰核のベータ崩壊率を理論的に予言することが求められている中で、本研究では密度汎関数理論に基づき微視的に評価する手法を開発した。

研究成果の概要（英文）：We have developed computational codes based on the nuclear energy-density-functional method to calculate the beta decay rates of unstable nuclei across a wide range of mass numbers. By taking not only allowed transitions but also first-forbidden transitions into account in deformed nuclei, this framework has become one of the most advanced. We formulated an approach that can be applied to beta decay in heavy neutron-rich nuclei where the Coulomb force is strong. Additionally, we analyzed excitation modes corresponding to higher-order forbidden transitions and compared them with experimental data to validate the adequacy of the energy-density functional employed in our current codes and calculations.

研究分野：原子核理論

キーワード：中性子過剰核 ベータ崩壊 元素合成 密度汎関数理論

1. 研究開始当初の背景

鉄より重い元素がどのように作られたのかを解明するためには、広い質量数領域にある中性子過剰な原子核の構造及び種々の反応を定量的に理解することが必要である。原子核の基底状態のみならず励起状態に関する性質も合わせて必要になる。特に、核質量・ベータ崩壊率・中性子捕獲率・核分裂反応率が重要な物理量である。このうちベータ崩壊は原子番号を大きくする唯一の過程であり、重い元素の合成には中心的な役割を果たす。

連星中性子星合体からの重力波とそれに伴う電磁波が昨年観測されたこともあり、中性子星合体が重元素合成の有力な環境と考えられるようになってきた。超新星爆発の場合よりも中性子数密度が高いため、より中性子ドリップ線に近い原子核も関与すると考えられる。たとえ不安定核実験がこれまで以上に進展しても、核図表上の安定線から中性子ドリップ線に至る広大な質量数領域には到達できない。そのような未開の地にある原子核の性質を理論的に記述するためには、核子の自由度と核子間にはたらく相互作用から出発するような微視的なアプローチが必要になる。原子核密度汎関数法がその唯一の候補であるが、変形した中性子ドリップ線近傍核におけるベータ崩壊の禁止遷移の強さについての理解が進んでいない。

2. 研究の目的

密度汎関数理論(DFT: Density Functional Theory)はもともと、電子多体系の基底状態を厳密に求める手法として生み出され発展してきたものである。また、量子多体系として共通した面をもつ核子多体系に対しても適用されてきた。その中で、核子多体系において考案され・発展してきた密度依存項を含む有効相互作用を用いた自己無撞着平均場理論は、電子系での密度汎関数理論に対応しているとの認識が広まってきた。その結果、「原子核密度汎関数法」として、原子核の基底状態のみならず、系の時間依存性を陽に考えることによる励起状態や核反応などの核子多体ダイナミクスの記述に関しても、近年著しく発展している状況にある。この手法の大きな利点は、基底状態の記述に関しては、計算コストが原子核の質量数にほとんど依らないことである。

ベータ崩壊率の計算には娘核の励起状態への遷移行列要素(核移行列要素)と遷移エネルギーが必要になる。申請者は線型応答密度汎関数理論(LR-TDDFT: Linear-Response Time-Dependent DFT)に基づき、原子核の変形・超流動性・弱束縛性を考慮に入れたベータ崩壊率の微視的計算を世界に先駆けて成功させた[1]。元素合成に関わるベータ崩壊率を計算する理論枠組みを大きく進展させることが大きな目的である。このことで、 r 過程元素合成など宇宙物理のシミュレーションに使える核データテーブルを提供することが可能になる。本研究では、LR-TDDFT法を適用し、変形した中性子ドリップ線近傍核におけるベータ崩壊率を計算する。特に、禁止遷移に関して分析を行う。

3. 研究の方法

LR-TDDFT法では、用意した基底状態に対して時間に依存する外場をかけ、平衡点からの揺らぎを線型近似することで振動励起状態を得る。理論的に工夫された点は、アイソスピンが変化する外場をかけることで、ベータ崩壊率に必要な核移行列要素の計算ができることである。

まず親核の基底状態は、Kohn-Sham-Bogoliubov(KSB)の方法により用意する：

$$\sum_{s'} \begin{bmatrix} h_{ss'}^q(\mathbf{r}) - \lambda^q \delta_{ss'} & \tilde{h}_{ss'}^q(\mathbf{r}) \\ \tilde{h}_{ss'}^q(\mathbf{r}) & -h_{ss'}^q(\mathbf{r}) + \lambda^q \delta_{ss'} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_{1,\alpha}^q(\mathbf{r} s') \\ \varphi_{2,\alpha}^q(\mathbf{r} s') \end{bmatrix} = E_\alpha \begin{bmatrix} \varphi_{1,\alpha}^q(\mathbf{r} s) \\ \varphi_{2,\alpha}^q(\mathbf{r} s) \end{bmatrix},$$

ここで、ポテンシャル h, \tilde{h} は、エネルギー密度汎関数(EDF)を密度及びペア密度に関して変分することで得られる。娘核の励起状態 $|f\rangle$ は、親核からの one-phonon 状態として構築される：

$$|f\rangle = \hat{\Gamma}_f^\dagger |RPA\rangle,$$

$$\hat{\Gamma}_f^\dagger = \sum_{\alpha\beta} \left\{ X_{\alpha\beta}^f \hat{a}_{\alpha,n}^\dagger \hat{a}_{\beta,p}^\dagger - Y_{\alpha\beta}^f \hat{a}_{\beta,p} \hat{a}_{\alpha,n} \right\},$$

ここで $|RPA\rangle$ は基底状態相関入りの親核の基底状態であり、phonon の生成演算子は二準粒子励起の重ね合わせで記述される。振幅 X, Y 及び励起エネルギーは proton-neutron QRPA 方程式を解くことで得られる。残留相互作用は KSB 方程式のポテンシャルを更に密度で変分することで得られる。

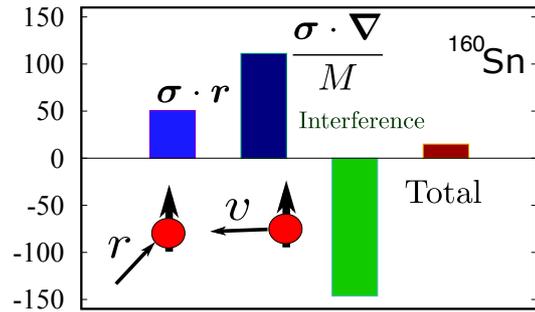
4. 研究成果

(1) レプトンの波動関数の取り扱い方

重い中性子過剰核ではクーロンポテンシャルにより(陽)電子の波動関数は歪曲される。原子核とのオーバーラップが大きな原点付近での波動関数が必要となるが、通常はフェルミ関数として考慮に入れられている。電子の波動関数が満たすディラック方程式を逐次的に積分することで近似解が得られる。最低次(LO)の解を用いるとフェルミ関数が再現されるが、親核の電荷が

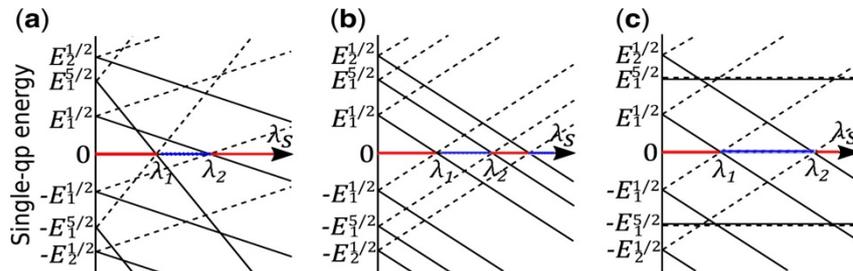
大きい場合、またベータ崩壊の Q 値が大きな場合には2次(NLO)の効果が無視できないことが見出された[2]。ここで高精度化された電子の波動関数の扱いに対応し、原子核の弱電流についても LO のフェルミ・ガモフテラー演算子に対する補正を取り入れたベータ崩壊の公式を導出した[3]。具体的には、擬ベクトル流の時間成分及びベクトル流の運動量依存項やレプトンの移行運動量に依存するいわゆる誘導流である。ベクトル流の空間成分に対するメソン交換電流の効果が重要であることは知られているが、2体演算子を含む原子核波動関数の計算が複雑であり、またベクトル流の時間成分に対してインパルス近似はよく成り立つため、拡張された Siegert 定理を用いて空間成分を時間成分に変換するなど定式化に工夫を行った。レプトン流と無矛盾な近似のハドロン流を用いて得られた公式を、 r 過程においても重要な役割を果たす重い中性子過剰核に適用して、運動量依存項は10–20%の寄与を持つことが示された。なお、誘導流に関しては数%であり無視しても問題無い。

中性子ドリップ線に近づく中性子と陽子のフェルミ面が、相異なる主量子数をもつエネルギーシェルに位置するようになる。低励起状態はフェルミ面付近にある中性子・陽子の二準粒子励起の重ね合わせとして記述できるため、負パリティの状態が現れやすくなる。これまでの先行研究により、中性子が非常に多い不安定核では、負パリティ状態がガモフ・テラー状態よりもエネルギーの低い領域に現れることが分かってきた。ベータ崩壊率にはエネルギーの低い状態の核行列要素が大きな寄与を与えるため、許容遷移の近似では定量性に問題がある可能性がある。そこで、ここで開発した定式化に基づいて重い中性子過剰核における禁止遷移について分析を行ったところ、運動量依存項と合わせて干渉効果が大きいことを見出した[3]。右図は、 ^{160}Sn の0状態に対する崩壊率の寄与を表している。なお、これらの論文[2,3]はともに、Prog. Theor. Exp. Phys.誌の Editors' Choice に選ばれ、日本物理学会の JPS Hot Topics にも紹介された。



(2) 奇核に対する密度汎関数計算手法の開発

KSB 理論では奇数粒子系は、エネルギー最低状態(偶数粒子の状態)に対する一準粒子励起状態として記述される。拘束条件に工夫をすることで“一準粒子励起状態をある条件の下での基底状態”のように表すことができれば、エネルギー変分によって自動的に奇数粒子系が記述できるはずである。実は、電子系においてスピン偏極した状態を“基底状態”として得るために、Two-Fermi level approach (2FLA) という方法が提案された。縮退した二つの量子状態(スピン α が上向き+1/2 と下向き-1/2 の状態)に対して二つの異なるフェルミ準位 $\lambda_\alpha = \lambda + 2\alpha\lambda_s$ を与えると、これは DFT における一種の拘束条件としてはたらし、準粒子の見かけのエネルギーが $-2\alpha\lambda_s$ だけ変化する。縮退が解けた片方の準粒子のエネルギーがゼロになると(下の図での λ_1 に対応する)、元のエネルギー最低状態に一準粒子が励起された奇数粒子系に対応する。したがって、 λ_s をうまく調整することで奇数粒子系を記述できる。核子系では一準粒子状態のスピンは良い量子数ではないが、変形した原子核では一準粒子状態は必ず二重縮退しているの、その縮退を解く拘束条件をかければ電子系の場合と同じように計算できる。



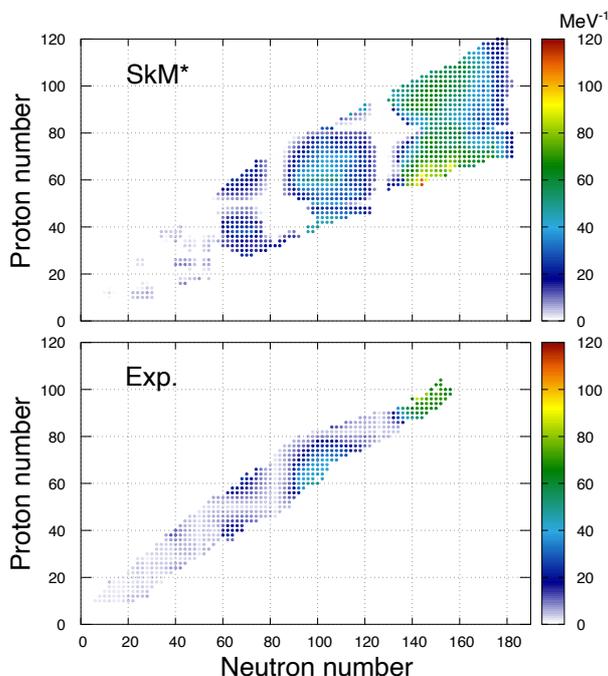
我々は、一般的に時間反転対称な外場をかけることで奇数粒子系を記述できることを証明した[4]。外場の種類に応じて、例えば上の図の3パターンのような状況を作ることができ、どのような状態を記述するかに応じて適切な外場を考える必要がある。本研究では、最初の適用例として、理研 RIBF で発見され「変形ハロー」原子核と考えられている ^{37}Mg の構造を分析した。外場の種類を変えることで、基底状態のスピン・パリティを選択することができる。その結果、低い軌道角運動量を持つ $\Omega = 1/2$ の場合に半径の増大が見られ実験結果を説明できた。密度汎関数法の枠組みで、世界で初めて変形ハロー構造を記述することに成功した。また、時間反転対称性の破れによって創発されるスピン密度の存在によってハロー構造が増大されることが分かった。

(3) 集団回転する中性子過剰核の記述

有限の核スピンを持つ状態は、(2)のように適切な外場の下で KSB 方程式を解くことで記述で

きる。集団的回転は変形軸と直交する軸の周りの運動であるため、KSB 方程式を3次元空間で解く必要がある。計算機能力の制限で、従来は調和振動子基底を用いられることが多かったが、中性子過剰核のように波動関数が空間的に広がっている場合には、計算に必要な基底の数が膨大となり現実的な計算は困難であった。これまでの大規模並列計算の経験を活かして、3次元空間メッシュで KSB 方程式を解く手法を開発した[5]。これは当初想定されていなかった成果である。

多くの偶々核の第一励起状態はスピン・パリティが 2^+ である。右図下には、その励起エネルギーの逆数(の3倍) $3/E(2^+)$ を示す。これらは魔法数近傍の核では振動的、魔法数から離れると回転的な集団励起モードであることが多い。本研究では、大規模並列計算によりその系統性を調べた。魔法数から離れてわずかに変形すれば、この計算は実験をよく記述できていることが分かった。また、中性子過剰核では超流動性を記述する EDF の密度依存性に応じて結果が大きく変わることも指摘した。今後、不安定核実験によって 2^+ 状態の励起エネルギーが広く測定されれば、原子核の変形・超流動性に関して理論に制限を与えることができることを提案した。



<参考文献>

- [1] K. Yoshida, Prog. Theor. Exp. Phys. **2013**, 113D02 (2013).
- [2] W. Horiuchi, T. Sato, Y. Uesaka, and K. Yoshida, Prog. Theor. Exp. Phys. **2021**, 103D03 (2021).
- [3] W. Horiuchi, T. Sato, Y. Uesaka, and K. Yoshida, Prog. Theor. Exp. Phys. **2023**, 073D02 (2023).
- [4] H. Kasuya and K. Yoshida, Prog. Theor. Exp. Phys. **2021**, 013D01 (2021).
- [5] K. Yoshida, Phys. Rev. C **105**, 024313 (2022).
- [6] K. Yoshida, Phys. Lett. B **834**, 137458 (2022).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計33件（うち査読付論文 33件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Hinohara Nobuo, Oishi Tomohiro, Yoshida Kenichi	4. 巻 109
2. 論文標題 Triplet-odd pairing in finite nuclear systems: Even-even singly closed nuclei	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034302-1,9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.109.034302	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Washiyama Kouhei, Yoshida Kenichi	4. 巻 108
2. 論文標題 Triaxial-shape dynamics in the low-lying excited 0+ state: Role of the collective mass	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 014323-1, 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.108.014323	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Horiuchi Wataru, Sato Toru, Uesaka Yuichi, Yoshida Kenichi	4. 巻 2023
2. 論文標題 Electron wave functions in beta-decay formulas revisited (II): Completion including recoil-order and induced currents	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 073D02-1, 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptad089	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yoshida Kenichi, Niu Yifei, Minato Futoshi	4. 巻 108
2. 論文標題 Beta-decay half-lives as an indicator of shape-phase transition in neutron-rich Zr isotopes with particle-vibration coupling effects	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034305-1, 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.108.034305	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hizawa N., Hagino K., Yoshida K.	4. 巻 108
2. 論文標題 Analysis of a Skyrme energy density functional with deep learning	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034311-1, 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.108.034311	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gil Hana, Hinohara Nobuo, Hyun Chang Ho, Yoshida Kenichi	4. 巻 108
2. 論文標題 Nuclear mass table in density functional approach inspired by neutron-star observations	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 044316-1, 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.108.044316	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Washiyama Kouhei, Ebata Shuichiro, Yoshida Kenichi	4. 巻 109
2. 論文標題 Evolution of the giant monopole resonance with triaxial deformation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 024317-1, 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.109.024317	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hinohara Nobuo, Oishi Tomohiro, Yoshida Kenichi	4. 巻 109
2. 論文標題 Triplet-odd pairing in finite nuclear systems: Even-even singly closed nuclei	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034302-1, 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.109.034302	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kenichi Yoshida	4. 巻 47
2. 論文標題 Rotational moments of inertia as indicators of the density dependence of the pairing functionals	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IL NUOVO CIMENTO C	6. 最初と最後の頁 21-1, 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1393/ncc/i2024-24021-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yagi A., Odahara A., Nishibata H., Lozeva R., Moon C.-B., Nishimura S., Yoshida K., Yoshinaga N., Watanabe C., Higashiyama K., Shimoda T. et al	4. 巻 105
2. 論文標題 Various nuclear structures in ^{140}Xe studied by decay of ground and isomeric states in ^{140}I	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 044325-1, 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.105.044325	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Gil Hana, Hinohara Nobuo, Hyun Chang Ho, Yoshida Kenichi	4. 巻 81
2. 論文標題 KIDS density functional for deformed nuclei: examples of the even-even Nd isotopes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Korean Physical Society	6. 最初と最後の頁 113 ~ 120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40042-022-00504-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hizawa N., Hagino K., Yoshida K.	4. 巻 105
2. 論文標題 Applications of the dynamical generator coordinate method to quadrupole excitations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 064302-1, 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.105.064302	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Kenichi	4. 巻 834
2. 論文標題 Enhanced moments of inertia for rotation in neutron-rich nuclei	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 137458 ~ 137458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2022.137458	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Kenichi	4. 巻 104
2. 論文標題 Isovector spin susceptibility: Isotopic evolution of collectivity in spin response	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 014309-1, 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.104.014309	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Horiuchi Wataru, Sato Toru, Uesaka Yuichi, Yoshida Kenichi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Electron wave functions in beta-decay formulas revisited (I): Gamow-Teller and spin-dipole contributions to allowed and first-forbidden transitions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 103D03-1, 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptab069	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Kenichi, Tanimura Yusuke	4. 巻 104
2. 論文標題 Spin-triplet proton-neutron pair in spin-dipole excitations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 014319-1, 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.104.014319	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uzawa K., Hagino K., Yoshida K.	4. 巻 104
2. 論文標題 Role of triaxiality in deformed halo nuclei	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 L011303-1, 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.104.L011303	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Kenichi	4. 巻 104
2. 論文標題 Pairing and nonaxial-shape correlations in N=150 isotones	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 024318-1, 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.104.024318	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Kenichi	4. 巻 104
2. 論文標題 Isovector giant monopole and quadrupole resonances in a Skyrme energy density functional approach with axial symmetry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 044309-1, 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.104.044309	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Kenichi	4. 巻 105
2. 論文標題 Cranked Skyrme-Hartree-Fock-Bogoliubov approach for a mean-field description of nuclear rotations near the drip line	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 024313-1, 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.105.024313	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Kenichi	4. 巻 105
2. 論文標題 Super- and hyperdeformation in 60Zn, 62Zn and 64Ge at high spins	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 024318-1, 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.105.024318	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uzawa K., Hagino K., Yoshida K.	4. 巻 105
2. 論文標題 Microscopic description of cluster decays based on the generator coordinate method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034326-1, 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.105.034326	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sakai Shinkuro, Yoshida Kenichi, Matsuo Masayuki	4. 巻 2020
2. 論文標題 Signature-dependent triaxiality for shape evolution from superdeformation in rapidly rotating 40Ca and 41Ca	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 063D02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa071	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Kenichi	4. 巻 102
2. 論文標題 Charge-exchange dipole excitations in deformed nuclei	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 54336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.102.054336	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kasuya Haruki, Yoshida Kenichi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Hartree-Fock-Bogoliubov theory for odd-mass nuclei with a time-odd constraint and application to deformed halo nuclei	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 013D01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa163	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Kenichi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Erratum: Spin-isospin response of deformed neutron-rich nuclei in a self-consistent Skyrme energy-density-functional approach	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 19201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa166	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yokota Takeru, Kasuya Haruki, Yoshida Kenichi, Kunihiro Teiji	4. 巻 2021
2. 論文標題 Microscopic derivation of density functional theory for superfluid systems based on effective action formalism	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 013A03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa173	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Chazono Yoshiki, Yoshida Kenichi, Yoshida Kazuki, Ogata Kazuyuki	4. 巻 103
2. 論文標題 Proton-induced deuteron knockout reaction as a probe of an isoscalar proton-neutron pair in nuclei	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 24609
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.103.024609	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hizawa N., Hagino K., Yoshida K.	4. 巻 103
2. 論文標題 Generator coordinate method with a conjugate momentum: Application to particle number projection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 34313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.103.034313	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kenichi Yoshida	4. 巻 100
2. 論文標題 Suddenly shortened half-lives beyond 78Ni : N = 50 magic number and high-energy nonunique first-forbidden transitions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. C	6. 最初と最後の頁 024316(1)-(9)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.100.024316	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H. Fujita, Y. Fujita, Y. Utsuno, K. Yoshida, et al.	4. 巻 100
2. 論文標題 Experimental study of Gamow-Teller transitions via high energy resolution 180(3He,t)18F reaction: Identification of the low-energy 'super'-Gamow-Teller state	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. C	6. 最初と最後の頁 034618(1)-(13)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.100.034618	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 G.X. Zhang, H. Watanabe, G.D. Dracoulis, F.G. Kondev, G. J. Lane, P. H. Regan, P.-A. Soderstrom, P.M. Walker, K. Yoshida, et al.	4. 巻 799
2. 論文標題 Interplay of quasiparticle and vibrational excitations: First observation of isomeric states in 168Dy and 169Dy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Lett. B	6. 最初と最後の頁 135036(1)-(7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2019.135036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 H. Kasuya and K. Yoshida	4. 巻 31
2. 論文標題 Ground States of Odd-mass Nuclei in Nuclear Density-functional Theory under a Time-odd External Field	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 011067(1)-(4)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.31.011067	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計38件 (うち招待講演 23件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Spin-isospin modes of excitation in a Skyrme energy-density functional approach: Roles of neutron excess and deformation
3. 学会等名 International Symposium on Physics of Unstable Nuclei 2023 (ISPUN23) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Spin-isospin modes of excitation in a Skyrme energy-energy-density approach to unveil the r-process nucleosynthesis
3. 学会等名 DNA Workshop on Nuclear structure, reaction and astrophysics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Electromagnetic Multipole Excitations
3. 学会等名 RIKEN Workshop on "Giant monopole resonance and related topics" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Density dependence of pairing functionals for the rotational excitation in neutron-rich nuclei
3. 学会等名 7th International Conference on Collective Motion in Nuclei under Extreme Conditions (COMEX7) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Nuclear shapes in spin-isospin excitations
3. 学会等名 DNA-OMEG Workshop on Nuclear structure, reaction and astrophysics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Unraveling the Nuclear Secrets: Exploration of Responses of Exotic Nuclei
3. 学会等名 Advancing physics at next RIBF (ADRI24) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Exploring Collective States in Actinides for Insights into the Structure of Superheavies
3. 学会等名 The workshop on frontier nuclear studies with gamma-ray spectroscopic array (gamma24) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 原子核密度汎関数理論で迫るr-過程のミクロな物理
3. 学会等名 日本物理学会2024年春季大会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Kenichi Yoshida
2. 発表標題 Mean-field based approach for collective excitations in neutron-rich nuclei
3. 学会等名 YKIS2022b: Developments of Physics of Unstable Nuclei (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenichi Yoshida
2. 発表標題 Pairing in neutron-rich nuclei investigated by responses
3. 学会等名 Physics of RI: Recent progress and perspectives (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Neutron stars tell us the shapes of nuclei
3. 学会等名 RCNP研究会「低エネルギー核物理と高エネルギー天文学で読み解く中性子星」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Enhanced moments of inertia in neutron-rich nuclei: A role of pair correlations
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Collectivity of proton-neutron pairing
3. 学会等名 RCNP研究会「微視的系と巨視的系における核子対凝縮相」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenichi Yoshida
2. 発表標題 Linear-response TDDFT for rotating nuclei---Nuclear DFT for rovibrational motions---
3. 学会等名 Domestic Molecule Type Workshop "Fundamentals in density functional theory
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Shell effects in non-axial-shape excitations
3. 学会等名 第977回九大原子核セミナー
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Spin-triplet proton-neutron pair in spin-dipole excitations
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Nuclear shapes at the extrema: beyond the superdeformation
3. 学会等名 RCNP での次期計画検討会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Anomalous quadrupole collectivity of neutron-rich Mg isotopes near the drip line
3. 学会等名 基研研究会「核力に基づいた原子核の構造と反応」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Anomalous quadrupole collectivity of Mg isotopes near the neutron drip line
3. 学会等名 日本物理学会第 77 回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Functional-renormalization group for superconducting DFT and the exact form of Kohn--Sham potential
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Charge-exchange dipole modes of excitation in neutron-rich nuclei
3. 学会等名 RCNP Colloquium / RCNP NEWS Colloquium, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 原子核密度汎関数法の進展：不安定核の集団的・一粒子的運動
3. 学会等名 KEK理論センター研究会「原子核・ハドロン物理 2020」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Collaborative works on nuclear masses and beta-decay rates toward A3 nuclear-data LIBrary (A3LIB)
3. 学会等名 JSPS/NRF/NSFC A3 Foresight Program ``Nuclear Physics in the 21st Century" Joint Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Resonant collective modes of excitation
3. 学会等名 RCNP研究会「原子核における多様な共鳴現象とそれを探る核反応機構」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 The A3LIB program: Microscopic nuclear data for r-process
3. 学会等名 KEK workshop on Beta decay, r process, and related weak-interaction processes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Charge-exchange dipole excitations: roles of deformation and neutron excess
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 rプロセス研究における密度汎関数理論: ベータ崩壊を中心として
3. 学会等名 原子核物理でつむぐ rプロセス (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Nuclear structure from beta-decay lifetimes: $N = 50$ magic number and shell structure around 78Ni
3. 学会等名 27th International Nuclear Physics Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 弱い相互作用過程に対する密度汎関数アプローチ
3. 学会等名 大規模数値計算による原子核反応シミュレーションとデータベース構築 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 Suddenly shortened half-lives beyond 78Ni : $N = 50$ magic number and high-energy non-unique first-forbidden transitions
3. 学会等名 日本物理学会 2019 年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Skyrme-DFT for beta-decay rates taking nuclear deformation and forbidden transitions into account
3. 学会等名 China-Japan collaboration workshop on "Nuclear mass and life for unravelling mysteries of r-process" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Microscopic nuclear data for r-process
3. 学会等名 SPS/NRF/NSFC A3 Foresight Program "Nuclear Physics in the 21st Century" Joint Kickoff Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Low-lying excitations in neutron drip-line nuclei
3. 学会等名 Workshop on RI-beam Spectroscopy by Innovative Gaseous Active Targets (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 Microscopic nuclear structure towards unravelling mysteries of nucleosynthesis in the Universe
3. 学会等名 Intensive seminar series at Pusan National University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Yoshida
2. 発表標題 A3LIB: details and plans on its construction and development
3. 学会等名 Intensive seminar series at Pusan National University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田賢市
2. 発表標題 パネルディスカッション：新しい原子核物理の教科書
3. 学会等名 第3回若手放談会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂井新九郎，吉田賢市，松尾正之
2. 発表標題 Hyperdeformations near the yrast line in ^{40}Ca and ^{41}Ca
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Kasuya and K. Yoshida
2. 発表標題 Ground States of Odd-mass Nuclei in Nuclear Density-functional Theory under a Time-odd External Field
3. 学会等名 15th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Home page of Kenichi Yoshida
<https://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/~kyoshida/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
中国	Lanzhou Univeristy			
韓国	Daegu University	Korea University		