

令和 2 年 8 月 14 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K05341

研究課題名(和文)原子核構造の精密計算と時間反転対称性の破れによる電気双極子モーメント

研究課題名(英文)Precise nuclear structure calculation and electric dipole moment by time reversal violation

研究代表者

吉永 尚孝 (Yoshinaga, Naotaka)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：00192427

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)：本研究の成果は、電気双極子モーメント(EDM)の観測実験が盛んにおこなわれている水銀199原子について、原子核の Schiff モーメントを計算し、原子の EDM を評価したことである。パリティと時間反転対称性(PT)を破る相互作用により生じる、重い原子核に対する Schiff モーメントの理論研究は、これまで平均場モデルによる計算しか行われていなかったが、本研究により初めて平均場を超えた枠組みによる数値解析に成功した。本研究の結果により、PTを破る相互作用により生じる Schiff モーメントは特定のエネルギーレベルの寄与が重要であることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により大きな EDM を持つ原子を理論的に予言し、実験を行うべき原子を特定することは EDM の探求に大きな貢献となる。また本研究の対象とする原子核は、速い中性子捕獲反応(R-process)により生成された元素を多く含み、宇宙での元素合成の解明への応用としても重要な役割を果たす。本研究の特色の一つは中重核領域で、殻模型を用いて原子核構造を解析し、質量数100以上の重い領域で Schiff モーメント及び EDM を評価することである。質量数220領域での EDM の計算は平均場計算を含めても、計算自体がほとんど行われておらず学術的意義や社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：In this research nuclear Schiff moments and electric dipole moments are calculated for the Hg199 nucleus, the atom of which has the world record for the upper limit of the electric dipole moment. In the calculation it is found that the specific single particle energy levels give important contributions to the nuclear Schiff moment.

研究分野：原子核理論

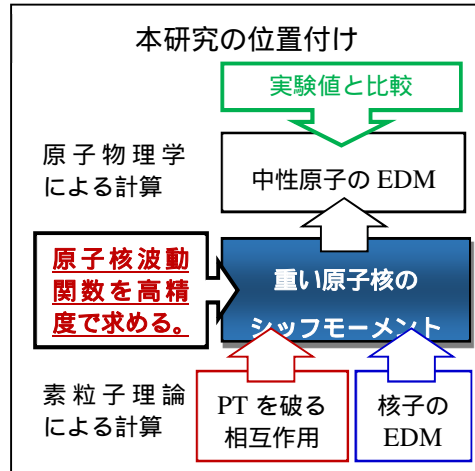
キーワード：Schiffモーメント 電気双極子モーメント CPの破れ 原子核構造 八重極振動

1. 研究開始当初の背景

EDM は時間反転対称性 (T 対称性) を破る物理量であり、EDM の存在は T 対称性を破る物理の明確な証拠となる。粒子-反粒子 (C) ・パリティ (P) ・時間 (T) 変換の全てを反転させても対称性は保存するという CPT 定理から、T 対称性の破れは CP 対称性の破れと同等である。弱い相互作用では CP 対称性の破れが発見されていることから、T 対称性も破れている。素粒子の標準模型から中性子の EDM の大きさを評価すると、現在の技術では到底測定できないほど小さな値 (10^{-31} ecm 程度) を予測する。一方、実験的には上限値のみ (10^{-26} ecm 程度) が得られているに過ぎず、実験で有限の EDM の測定値が得られると、標準模型を超えた枠組みの必要性を示す明確な証拠となる。 また現在の宇宙における物質

と反物質の非対称性 (baryogenesis) の説明には、小林・益川理論より大きく CP 対称性が破れている必要があると考えられており、EDM が観測されれば CP 対称性の破れの大きさを見積もることができる。

原子核が点状だとすると中性原子に一樣な電場をかけた場合、原子核の外場を打ち消すように原子の電子配位は変位し、原子の EDM の検出は妨げられる (シッフの定理)。しかし、原子核は有限な大きさを持つので、シッフモーメントと呼ばれるモーメントを通じ、中性原子に EDM を生じさせる。 原子核は多数の核子 (中性子・陽子) からなる量子多体系であり、それぞれの核子の集団運動の効果により、核子単独に比べ、シッフモーメントが大きくなることが期待される。また、一定時間で崩壊する中性子に比べ、安定な中性原子は測定がしやすい。原子の EDM 測定は ^{129}Xe や ^{199}Hg などの限られた原子のみで試みられているが、上限値 (^{129}Xe : 4.1×10^{-27} ecm, ^{199}Hg : 3.1×10^{-29} ecm) が得られているに過ぎない。原子核のシッフモーメントの理論計算は、研究代表者のグループ以外では海外のいくつかの研究グループで行われている。しかしながら、研究代表者ら以外の理論計算は 平均場近似に基づいて行われており、信頼性は低い。 また、理論計算が行われている原子核の数はきわめて少数であり、実験を行うべき大きな EDM を持つ可能性のある原子は予測できていない。 以上の 2 点の問題のため、原子核のシッフモーメントの研究には現在大きな進展が見られていない。このため、平均場を超えた理論によるシッフモーメントの系統的な精密計算が必要 である。以上の学術的背景により、本研究では以下の二本の研究を柱とする。



(研究 I) 殻模型を用いた Xe アイソトープのシッフモーメント及び EDM の評価

(研究 II) 質量数 200 領域と 220 領域の原子核構造の殻模型・核子対殻模型による解析、及び得られた精密波動関数を用いたシッフモーメント及び EDM の評価

研究 I では、質量数 130 領域で求められた波動関数を用いて、Xe アイソトープのシッフモーメント及び EDM を評価する。 ^{131}Xe までは計算には特に問題ないが、 ^{129}Xe については配位の数が増え、計算が困難になることが予想される。従って、計算プログラムを並列計算用書き換え、並列計算用のワークステーションを導入することにより、困難を乗り越える計画である。併せて、この研究により、これまで行ってきた核子対殻模型の結果の妥当性を検証できる。

研究 II では、質量数 200 領域 (^{199}Hg 周辺) および質量数 220 領域 (^{225}Ra 周辺) の重い原子核に対してシッフモーメント及び EDM を評価する。ここでは、殻模型と核子対殻模型の 2 つの枠組みを用いて原子核構造の数値解析を実行する。ただし、質量数 220 領域では八重極振動 (原子核の洋なし型集団振動) が重要であるので、その相関を入れるよう 2 つの模型を拡張する。質量数が 100 以上の原子核では、高スピン軌道にある中性子と陽子によって作られたと考えられるエネルギー的にほぼ縮退した 2 つの回転バンド (ダブルットバンド) などが観測されており、原子核波動関数を精度良く求める段階で多様な原子核構造を明らかにする。

2. 研究の目的

基本的粒子 (電子、原子、原子核等) の 電気双極子モーメント (EDM) は大きく有限な測定値が得られると、素粒子の標準模型を超えた物理の明確な証拠となる。反磁性原子の EDM はその原子

核のシッフモーメントに起因する。本研究の目的は 原子核のシッフモーメントを系統的・理論的に評価し、どの原子の EDM が大きくなるかについて数値計算を通じ明らかにすることである。この計算には原子核波動関数の精度が要求されるため、核子自由度に基づく、平均場を越える微視的な理論を用いて、原子核のエネルギー準位・電磁遷移等の実験値を再現する必要がある。シッフモーメントの計算に用いる原子核の 波動関数を求める過程で、今まで明らかにされてこなかった重い原子核の多様な原子核構造を明らかにすることができる。

3. 研究の方法

本研究では殻模型により数値解析を行い、得られた 原子核波動関数を用いてシッフモーメント及び EDM を系統的に計算すると共に、原子核の励起メカニズムを解明する。研究代表者らは、殻模型により既に質量数 130 領域 (^{129}Xe 周辺) の原子核のエネルギー準位や電磁遷移を再現しており、精密な波動関数を用意できる。そこで、シッフモーメントを計算する枠組みを整備し、質量数 130 領域の原子核に適用する。質量数 200 領域 (^{199}Hg 周辺) 及び質量数 220 領域 (^{225}Ra 周辺) については、殻模型と核子対殻模型の両方を用いて、偶偶核・奇核・奇奇核の数値解析を実行する。この際、幅広い領域の実験値を再現できるように有効相互作用を決定する。この波動関数を解析することで原子核構造を明らかにすると共に、シッフモーメントを計算する。

<質量数 130 領域で殻模型を用いたシッフモーメントおよび EDM の評価>

反磁性中性原子に EDM を生じさせる原子核のシッフモーメントは、核子固有の EDM から生じる効果と、パリティと時間反転対称性 (PT) を破る相互作用から生じる効果がある。また、完全イオン化された原子の EDM (原子核の EDM) についても同様に 2 つの効果がある。研究代表者らは、前回頂いた科学研究費補助金 (課題名: 原子核の電気双極子モーメントと核力の時間反転対称性の破れ) により、これら全ての効果を計算する枠組みを整備し、質量数 130 領域の原子核に対して系統的な数値解析を実行した。現在、原子核のシッフモーメント及び EDM の計算には、集団運動核子対をベースにした核子対殻模型を用いている。これは殻模型では配位の数が増大であり、計算時間が多くかかるのが原因であるが、本研究では 新たなワークステーションを導入し、並列化計算を行う ことにより本格的な殻模型を実行し、質量数 130 領域でのシッフモーメント及び EDM の計算を実行した。上記の計算の際にはクロージャー近似を用いた。シッフモーメントは 2 次の摂動論の形で評価されるが、クロージャー近似は摂動論で中間状態を完全に評価する代わりに、エネルギー分母を一個の定数で置き換える近似法である。

<質量数 200 領域の偶偶核・奇核・奇奇核の数値解析>

本研究ではシッフモーメント及び EDM の理論的枠組みを整備することと並行して、殻模型と核子対殻模型の二つの計算プログラムの拡張を行う。過去の計算プログラムは質量数 130 領域までの軌道しか扱えないため (32 ビット計算)、これらを 64 ビット化し、質量数 200 領域以上も扱えるよう改良した。次に、この新しい殻模型により質量数 200 領域 (^{199}Hg 周辺) での有効相互作用を求めた。

以上のようにして、質量数 200 領域の 原子核を统一的に再現できる有効相互作用が自然に得られた。得られた殻模型波動関数を解析し、原子核内の核子の配位、エネルギー準位、準位間の遷移確率等を考察することにより原子核構造を明らかにした。また、これにより現実の原子核をよく再現する波動関数が得られ、シッフモーメントおよび EDM の系統的な計算が可能になった。

<質量数 220 領域の偶偶核・奇核・奇奇核の数値解析>

質量数 220 領域 (^{225}Ra 周辺) の原子核構造の数値解析を行った。この領域では 八重極振動 (洋なし型振動) が原子核の低エネルギー状態に現れる ことが知られており、シッフモーメントの評価においても、八重極振動により効果が数千倍にもなる と考えられているため、この効果を考慮することが必要不可欠である。殻模型において八重極振動の効果は正パリティ状態と負パリティ状態を同じ枠組みで扱うことで取り入れられるが、これまでの殻模型では、相互作用の対称性からその必要がなかった。そこで、八重極振動の効果を取り入れた殻模型の開発を行い、質量数 220 領域の数値解析を実行した。また、核子対殻模型においては八重極型集団運動核子対を導入することで、容易に八重極振動の効果を取り入れることができる。既に質量数 200 領域の原子核について狭い配位空間を用いた数値解析を行い、その結果を日本物理学会で報告しており、質量数 220 領域の原子核に対しても問題なく計算できるようになった。

大きく変形した原子核では配位数が多大となり、殻模型の適用が困難になる。そこで、生成座標法を整備し、殻模型の計算結果と比較することにより、生成座標法の計算結果の妥当性を確かめた。生成座標法は核子自由度に基づく微視的で、半古典的な描像を持つ量子力学的多体理論であると共に、原子核の集団運動と単一粒子運動を同時に記述する強力な理論である。研究代表者らは、既に生成座標法により質量数 80 領域、質量数 130 領域の偶偶核の数値解析を行い、低工

エネルギー状態のエネルギー準位を再現するには三軸非対称変形を取り入れた波動関数が重要であることを明らかにしている。そこで本研究では、三軸非対称変形を取り入れた生成座標法を用いて、質量数 200 領域、質量数 220 領域の数値解析を実行した。

4. 研究成果

本研究では殻模型により対角化数値計算を行い、得られた原子核波動関数を用いてシッフモーメント及び EDM を系統的に計算すると共に、原子核の励起メカニズムを解明する。本研究の成果は、質量数 200 領域の原子核に対して、パリティと時間反転対称性(PT)を破る相互作用により生じるシッフモーメントを計算し、その計算結果を用いて水銀 199 原子 (^{199}Hg) の電気双極子モーメントを評価したことである。重い原子核に対するシッフモーメントの理論研究は、これまで平均場模型による計算しか行われていなかったが、本研究により初めて平均場を超えた枠組みによる数値解析に成功した。本研究の結果により、PT を破る相互作用により生じるシッフモーメントは特定のエネルギーレベルの寄与が重要であることが明らかになった。また本研究では、質量数 210 領域、質量数 220 領域の偶偶核・奇核・奇奇核について殻模型による数値解析を実行し、原子核の励起メカニズムを明らかにした。この領域の核子間にはたらく相互作用の研究は現在まで行われてこなかったため、幅広い核種のエネルギー準位や電磁遷移の実験値を再現するように決定した。平成 28 年度は、質量数 200 領域 (^{199}Hg 周辺) について、殻模型と核子対殻模型の両方を用いて、偶偶核・奇核・奇奇核の数値解析を実行した。この際、幅広い領域の実験値を再現できるように有効相互作用を決定した。この波動関数を解析することで原子核構造を明らかにすると共に、シッフモーメントを計算した。さらにその他の成果として、質量数 80 領域の原子核のニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊の評価を行った。また、エネルギー準位の実験値との比較によりコア励起に起因する八重極励起状態が低エネルギー領域に出現することが分かった。その他の成果として、 ^{82}Se と ^{76}Ge についてニュートリノの出ないダブルベータ崩壊の崩壊率を殻模型により計算した。他の研究グループの計算値と比べて、核行列要素は小さくなることがわかった。また核行列要素は対相関による基底状態の波動関数の構造に強く依存することがわかった。この結果は論文にして出版された。

原子核の核構造精密計算として、質量数 200 から 210 までの計算を行った。特に多くのアイソマー状態の構造等を明らかにし、実験分野との連携をはかることができた。当該年度では、原子核の核構造精密計算として、質量数が 210 から 217 までの原子核の核構造を調べた。さらに質量数が 210 あたりの原子核での八重極振動の影響を殻模型で調べるために新たに有効な模型を提案した。電気双極子モーメントに関連することでは、 ^{199}Hg のスピン行列要素の大きさを評価し、標準模型を超える模型のもつ CP の位相に対する制限を与えた。また、 ^{199}Hg に対して PT を破る相互作用により生じるシッフモーメントの概略的な計算を行うことができた。

^{199}Hg に対して PT を破る相互作用により生じるシッフモーメントの詳細な計算については、イギリスグラスゴーで行われた INPC2019 (International Nuclear Physics Conference 2019)にて口頭発表を行った。計算は、核子対殻模型計算で行ったが、配位空間を制限しない殻模型計算での準備を進めている。また、質量数 Pt, Au, Hg, and Tl の同位体原子核の殻模型計算が完成し、学術雑誌に投稿した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 K Higashiyama, K. Yanase, N. Yoshinaga	4. 巻 47
2. 論文標題 Nuclear matrix elements of neutrinoless double beta decay for masses 130 and 136 in the shell model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics G	6. 最初と最後の頁 035102-035116
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1361-6471/ab5400	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 JJ Valiente et al.	4. 巻 100
2. 論文標題 Isomer spectroscopy in and high-spin structure of	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 024323-024340
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.100.024323	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 K Yanase, N Yoshinaga, E Nakano, C Watanabe	4. 巻 2019
2. 論文標題 Deformation of neutron stars due to poloidal magnetic fields	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 083E01-083E14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/ptep/ptz074	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 山中長閑, 吉永尚孝, 旭耕一郎	4. 巻 73
2. 論文標題 反磁性原子の電気双極子モーメントで探る新物理	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本物理学会誌	6. 最初と最後の頁 382-385
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 Naotaka Yoshinaga, Eri Teruya, Koji Higashiyama and Kota Yanase	4. 巻 23-012034
2. 論文標題 Nuclear Schiff Moments in Medium and Heavy Nuclei	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.7566/JPSCP.23.012034	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 Koji Higashiyama, Naotaka Yoshinaga and Kota Yanase	4. 巻 23-013002
2. 論文標題 Shell Model Study of Nuclei around Mass 100	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.7566/JPSCP.23.013002	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 Kaiyu Itokazu, Kota Yanase, and Naotaka Yoshinaga	4. 巻 23-013003
2. 論文標題 Quark Star in a Strong Magnetic Field	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.7566/JPSCP.23.013003	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 K. Yanase, E. Teruya, K. Higashiyama, and N. Yoshinaga	4. 巻 98-014308
2. 論文標題 Shell-model study of Pb, Bi, Po, At, Rn, and Fr isotopes with masses from 210 to 217	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PHYSICAL REVIEW C	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1103/PhysRevC.98.014308	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 L. Kaya, A. Vogt, P. Reiter, M. Siciliano, B. Birkenbach, A. Blazhev, L. Coraggio, E. Teruya, N. Yoshinaga, K. Higashiyama, 他	4. 巻 98-014309
2. 論文標題 High-spin structure in the transitional nucleus ^{131}Xe : Competitive neutron and proton alignment in the vicinity of the $N = 82$ shell closure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PHYSICAL REVIEW C	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1103/PhysRevC.98.014309	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 N. Yoshinaga, K. Yanase, K. Higashiyama, and E. Teruya	4. 巻 98-044321
2. 論文標題 Octupole phonon model based on the shell model for octupole vibrational states	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PHYSICAL REVIEW C	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1103/PhysRevC.98.044321	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 Tomoyuki Maruyama, Eiji Nakano, Kota Yanase and Naotaka Yoshinaga	4. 巻 97-114014
2. 論文標題 Spin polarized phases in strongly interacting matter: Interplay between axial-vector and tensor mean fields	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PHYSICAL REVIEW D	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1103/PhysRevD.97.114014	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 K. Yanase, N. Yoshinaga, K. Higashiyama, N. Yamanaka	4. 巻 99-075021
2. 論文標題 Electric dipole moment of ^{199}Hg atom from P, CP-odd electron-nucleon interaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PHYSICAL REVIEW D	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1103/PhysRevD.99.075021	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 Yoshinaga N, Yanase K, Higashiyama K, Teruya E, Taguchi D	4. 巻 2018
2. 論文標題 Structure of nuclei with masses 76 and 82 and nuclear matrix elements of neutrinoless double beta decay	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1093/ptep/ptx174	査読の有無 無
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 Yanase Kota, Yoshinaga Naotaka, Higashiyama Koji, Teruya Eri, Taguchi Daisuke	4. 巻 INPC2016
2. 論文標題 Neutrinoless Double-beta Decay Rates Around Mass 80 In The Nuclear Shell Model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Poster of Science	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.281.0241	査読の有無 無
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 N. Yamanaka, B.K. Sahoo, N. Yoshinaga, T. Sato, K. Asahi, and B.P. Das	4. 巻 53
2. 論文標題 Probing exotic phenomena at the interface of nuclear and particle physics with the electric dipole moments of diamagnetic atoms: A unique window to hadronic and semi-leptonic CP violation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Eur. Phys. J. A	6. 最初と最後の頁 1-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.114	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 E. Teruya, N. Yoshinaga, K. Higashiyama, H. Nishibata, A. Odahara, and T. Shimoda	4. 巻 94
2. 論文標題 Large-scale shell model study of the newly found isomer in ¹³⁶ La	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 014317/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.94.014317	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 E. Teruya, K. Higashiyama, and N. Yoshinaga	4. 巻 93
2. 論文標題 Large-scale shell-model calculations of nuclei around mass 210	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 064327/1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.93.064327	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 A. Vogt 他	4. 巻 95
2. 論文標題 Isomers and high-spin structures in the N = 81 isotones 135Xe and 137Ba	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 PHYSICAL REVIEW C	6. 最初と最後の頁 024316/1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.95.024316	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

[学会発表] 計40件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 吉永尚孝, 江幡修一郎, 渡邊千夏, 東山幸司
2. 発表標題 重い原子核での殻模型計算におけるテンソル力の役割
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 東山幸司, 吉永尚孝
2. 発表標題 Mo-Ru-Pd領域の原子核における二重ベータ崩壊核行列要素
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊千夏, 吉永尚孝, 柳瀬宏太
2. 発表標題 強磁場のHybrid starにおけるMR relation
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉永尚孝, 東山幸司, 梅谷篤史, 柳瀬宏太
2. 発表標題 鉛208付近での有効電荷の殻模型による評価
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 東山幸司, 吉永尚孝, 柳瀬宏太
2. 発表標題 質量数130領域の奇核のE1遷移
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊千夏, 柳瀬宏太, 吉永尚孝
2. 発表標題 Hybrid starにおけるMR relation
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Yoshinaga, K. Yanase, K. Higashiyama
2. 発表標題 Nuclear Schiff moments of Hg isotopes in the nuclear shell model
3. 学会等名 INPC2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 C. Watanabe, K. Yanase, N. Yoshinaga
2. 発表標題 Magnetized rotational neutron stars and the MR relation
3. 学会等名 INPC2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ai Uehara, Naotaka Yoshinaga, Kota Yanase, Chinatsu Watanabe
2. 発表標題 Neutrinoless double-beta decay rates around mass 130 in the nuclear shell model
3. 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kota Yanase, Koji Higashiyama, Eri Teruya, Naotaka Yoshinaga
2. 発表標題 Large-scale shell-model calculation and nuclear Schiff moment of ^{199}Hg
3. 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naotaka Yoshinaga, Kota Yanase, Koji Higashiyama, Eri Teruya
2. 発表標題 Large-scale shell-model calculations on nuclei around mass 210
3. 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoyuki Maruyama, Eiji Nakano, Kota Yanase, Naotaka Yoshinaga
2. 発表標題 Spin Polarized Phases in Quark Matter: Interplay between Axial-vector and Tensor
3. 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chinatsu Watanabe, Kota Yanase, Naotaka Yoshinaga, Ai Uehara
2. 発表標題 Magnetized rotational neutron stars and mass-radius relations
3. 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naotaka Yoshinaga, Koji Higashiyama
2. 発表標題 Neutrinoless double-beta decay rates around mass 130 in the nuclear shell model
3. 学会等名 nucleus-nucleus collisions 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chinatsu Watanabe, Kota Yanase, Naotaka Yoshinaga
2. 発表標題 Magnetized rotational neutron stars and mass-radius relations
3. 学会等名 nucleus-nucleus collisions 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳瀬宏太, 吉永尚孝, 東山幸司
2. 発表標題 殻模型計算によるヨウ素126ダブレットバンドの解析
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉永尚孝, 柳瀬宏太, 東山幸司
2. 発表標題 100領域でのニュートリノレスダブルベータ崩壊の核行列要素
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 東山幸司, 吉永尚孝, 柳瀬宏太
2. 発表標題 Mo-Ru-Pd領域の原子核の励起メカニズム
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊千夏, 柳瀬宏太, 吉永尚孝
2. 発表標題 回転を考慮した磁化した中性子星のMR相関
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉永尚孝, 柳瀬宏太, 東山幸司, 梅谷篤史
2. 発表標題 208Pb付近の有効電荷の軌道による依存性
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳瀬宏太, 吉永尚孝, 東山幸司, 梅谷篤史
2. 発表標題 原子核殻模型による199Hgのシッフモーメントの評価
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 東山幸司, 吉永尚孝, 柳瀬宏太
2. 発表標題 Mo-Ru-Pd領域の殻模型計算
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上原あい, 星野遥, 柳瀬宏太, 吉永尚孝
2. 発表標題 質量数200領域の殻模型計算
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉永尚孝
2. 発表標題 Calculation of nuclear matrix elements for double beta decay
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉永尚孝, 東山幸司, 柳瀬宏太, 照屋絵理
2. 発表標題 コア励起を入れた殻模型の鉛領域核への適用
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 東山幸司, 吉永尚孝, 柳瀬宏太
2. 発表標題 質量数100領域の原子核の生成座標法による解析
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 照屋絵理, 吉永尚孝, 東山幸司, 柳瀬宏太
2. 発表標題 質量数200領域の原子核のシッフモーメント
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柳瀬宏太, 吉永尚孝, 東山幸司, 梅谷篤史
2. 発表標題 殻模型によるニュートリノを放出する二重ベータ崩壊の核行列要素計算
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 糸数海雄, 柳瀬宏太, 吉永尚孝
2. 発表標題 異常磁気モーメントの影響を考慮したハイブリッド星の質量
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 照屋絵理, 吉永尚孝, 東山幸司
2. 発表標題 208Pb周辺核の八重極相関
3. 学会等名 日本物理学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 吉永尚孝, 東山幸司, 照屋絵理, 柳瀬宏太
2. 発表標題 2ニュートリノベータ崩壊核行列要素の有効相互作用依存性
3. 学会等名 日本物理学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 東山幸司, 吉永尚孝, 照屋絵理
2. 発表標題 質量数100領域の奇核・奇奇核の殻模型計算
3. 学会等名 日本物理学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤智哉, 市川雄一, 井上壮志, 内山愛子, 高峰愛子, 小島修一郎, 舟山智歌子, 田中俊也, 坂本雄, 大友祐一, 平尾千佳, 近森正敏, 彦田絵里, 古川武, 吉見彰洋, C.P. Bidinosti, 猪野隆, 上野秀樹, 松尾由賀利, 福山武志, 吉永尚孝, 酒見泰寛, 旭耕一郎
2. 発表標題 能動帰還型核スピンメーザーにおける帰還磁場印加方式と周波数安定性
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉永尚孝, 照屋絵理, 東山幸司, 梅谷篤史
2. 発表標題 中重核での有効電荷の単一粒子軌道による変化
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 照屋絵理, 吉永尚孝, 東山幸司
2. 発表標題 原子核シッフモーメントの理論的評価
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 東山幸司, 吉永尚孝, 照屋絵理
2. 発表標題 質量数100領域の原子核の殻模型的アプローチ
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柳瀬宏太, 吉永尚孝, 東山幸司, 照屋絵里
2. 発表標題 質量数130領域でのニュートリノレスダブルベータ崩壊行列要素
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Yanase, N. Yoshinaga, E. Teruya, K. Higashiyama
2. 発表標題 Neutrinoless Double-beta decay rates around mass 80 in the nuclear shell model
3. 学会等名 International Nuclear Physics Conference 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 N. Yoshinaga, E. Teruya, K. Higashiyama
2. 発表標題 Schiff moments of Xe isotopes in the nuclear shell model
3. 学会等名 International Nuclear Physics Conference 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 E. Teruya, N. Yoshinaga, K. Higashiyama
2. 発表標題 Shell model calculation of nuclei around 208Pb
3. 学会等名 International Nuclear Physics Conference 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究 分担者	東山 幸司 (Higashiyama Koji) (60433679)	千葉工業大学・創造工学部・教授 (32503)	