

令和 6 年 6 月 16 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K03943

研究課題名（和文）核分裂片の荷電偏極が繋ぐ微視的理論研究と応用研究

研究課題名（英文）Charge polarization of fission fragments connects microscopic theoretical research and applied research

研究代表者

江幡 修一郎 (Ebata, Shuichiro)

埼玉大学・理工学研究科・助教

研究者番号：40614920

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：核分裂片の荷電偏極(CP)に注目して微視的平均場理論に基づく計算を行い、核分裂片の配位や密度を研究した。

原子核の形状に拘束条件を与え断熱的に核分裂の配位を求め、そのCPには殻構造依存性がある事を示した。一方で、このCPの大きさは、分裂時に放出される中性子収量を再現するうえで不十分な事が判明し、別の要因を示唆する結果となった。この要因として核子間相互作用の依存性も調べたが、動的効果の可能性が考えられたので、動的平均場模型の開発を行いそれを実行した。断熱的に求めた配位を初期状態として、動的計算を行い核分裂片の配位及びCPを計算した。このCPが中性子収量を再現する十分な大きさになる事を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでも微視的平均場模型を用いて、核分裂を研究する方法はあったが、質量数に関する核分裂片の収率に注目する方法が多く、原子核構造研究から分裂片の荷電偏極に注目する方法はこれまでに無かった。原子核の形状に関する拘束条件を課した断熱的な方法では、十分な荷電偏極は得られない事が分かった。一方で励起状態を取り入れた時間依存平均場模型による計算では、即発中性子収量の平均値を再現する十分な荷電偏極を得る事が出来た。微視的理論模型から原子力工学で利用されるデータにアプローチ出来る事を示した成果は、学術的な意義が大きいと考える。

研究成果の概要（英文）：We focused on the charge polarization (CP) of nuclear fission fragments and performed the study based on the microscopic mean-field theory to investigate their configurations and densities.

We found that the CP adiabatically deduced by the static method imposing the constraints on nuclear shape depends on the nuclear shell structure. However, the magnitude of the CP was insufficient to reproduce the neutron yields emitted at the fission, indicating other factors to form the large CP. Although we investigated the nuclear interaction and pairing correlation dependences for the CP, we especially considered the possibility of a dynamic effect. Thus, we developed and performed the time-dependent mean-field model to deduce the CP. The dynamic calculations were performed to calculate the configuration and CP of the fission fragments newly, using the adiabatically obtained configurations as the initial states. We showed this CP enlarges enough to reproduce the neutron yield.

研究分野：原子核物理

キーワード：核分裂 原子核構造 微視的平均場模型 原子核理論物理 核データ

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

核分裂現象が 1938 年に発見されてからこれまで、有限量子多体系の大振幅集団運動であるこの現象の理論的記述は原子核物理の大きなトピックであり続けてきた。一方で原子力発電に必要な不可欠な核分裂現象は、非常に精緻な核データの測定が続けられ、評価済み核データを基に原子炉の安全運転が維持管理されている。現象は高度に応用されているが、微視的原子核理論による記述は未だに不十分であり、挑戦的な課題である。

核分裂片の質量数分布や荷電分布は原子力工学や宇宙核物理で重要なインプットである。核分裂片の荷電分布は、分裂前の親核が持つ陽子・中性子比から僅かにずれる事が知られており、荷電偏極と呼ばれている。荷電偏極が生じるメカニズムは明らかではないので、原子力工学や宇宙核物理学ではシミュレーションの為に、親核の陽子・中性子比が核分裂片でも変化しない UCD (Unchanged Charge Distribution) 仮定や Wahl's systematics と呼ばれる経験則が利用されている。Wahl's systematics は原子炉内でよく知られた 12 の反応系で得られる観測量を再現する様に作られており標準的に利用されている。また元素合成過程を再現するネットワーク計算では、高速中性子捕獲過程(r-過程)の終点で現れる多くの核分裂性核種からの分裂片を計算する為に、簡便な方法として UCD 仮定が多く利用されている。Wahl's systematics に採録されている荷電偏極は原子炉内で生じる反応系に特化しており、他の核分裂性核種への適用は範囲外である。

原子力工学で用いられている核データと同程度の精度で、一般の核分裂性核種の核分裂片の性質を予測する為に、微視的理論から核分裂機構を理解する事とその記述が必要である。本研究の核心の問いは、1. 核分裂片の荷電偏極は原子核構造論から記述可能か？、2. 理論的に得られた荷電偏極は実用に耐えられるか？という 2 点である。

2. 研究の目的

経験則に基づく Wahl's systematics に依存しない、核分裂性核種の核分裂片の荷電偏極を計算する微視的モデルを基礎とした手法の開発と、統計崩壊計算への入力ができるように理論核データを整備し、理学と応用の学際的研究を促進させる基盤の構築である。

この目的を達成する為に、以下の 4 つの課題に分けて研究を進めた。A) 核分裂片の荷電偏極を微視的原子核構造理論に基づく方法で導出する手法を開発する。B) 理論的に得られた荷電偏極を統計崩壊計算に入力、実行し既知の中性子収率を算出する基盤を整備する。C) 原子炉内で生じる反応系または r-過程で予想される核分裂性核種へ適用する。D) 相互作用依存性などを調べ、荷電偏極が生じる主要因を明らかにする事。これら課題を目的とした。

3. 研究の方法

ウランウム 235 + 熱中性子の核分裂反応系を対象に以下の手法開発を進めた。核分裂片の荷電偏極を求める為に、分裂片の配位と密度分布を得る必要があり、断裂した配位から密度を各々の領域で積分し核子数を求め、荷電偏極を計算する。分裂片の配位を求める方法自身が研究対象であり、得られた荷電偏極が実測に則したものが確認しながら開発を進めた。配位を求める方法は微視的平均場モデルを基礎とした方法で、結果を確認する方法は、統計崩壊計算を行い即発中性子収量の平均値の再現の可否で判断した。

(1) 3次元座標空間表示の拘束条件付き Skyrme Hartree-Fock+BCS 模型 (CSHF+BCS)

原子核が分裂する際に、その形状は通常密度分布を大きく変化させる。対象の核分裂反応系では、典型的に質量非対称な核分裂片が生成される事から、密度分布の形状は少なくとも延伸と質量非対称性を考慮すべきである。そのために、モデルは 3次元空間で記述し、形状の拘束条件として四重極モーメント(Q_{20})と八重極モーメント(Q_{30})を、それぞれ原子核の延伸と質量非対称性を記述する為に導入した。核子間の有効相互作用には Skyrme 型を用いており、液滴モデルで表現されたプルトニウム 240 の核分裂障壁を再現する SkM*パラメータを利用する。原子核は一般に超流動性がある為、微視的平均場モデルでは核子間の対相関も自己無撞着に取り扱う必要がある。物性モデルでよく知られた BCS(Bardeen-Cooper-Schrieffer)理論を採用した。CSHF+BCS では Q_{20} , Q_{30} に関して拘束条件を与え、変形に対するポテンシャルエネルギー面(PES)を作成し、断裂が起きるまで延伸を続けた。これは、断熱的に分裂片の配位を求める静的な方法である。

(2) 3次元座標空間表示の正準基底表示時間依存 HF-Bogoliubov 模型 (Cb-TDHFB)

動的効果を取り入れる為に、実時間依存の平均場モデルを採用する。先述の様に原子核は超流動性があるので、対相関を自己無撞着に扱いながら系のダイナミクスを記述する必要がある。時間依存 Hartree-Fock-Bogoliubov 理論(TDHFB)が適しているが、非常に計算コストが高いので、Cb-TDHFB を用いて、核分裂性核種の実時間発展を計算する。Cb-TDHFB の初期状態には前述の CSHF+BCS で得られた配位を利用する事が出来る。対相関は BCS 理論で一貫して取り扱う。実時間発展計算は初期状態に非常に強く依存しており、以下に示す複数の条件下で計算した。

対相関汎関数の依存性

対相関は BCS 近似の元取り入れているが、対相関場の汎関数依存性を考える事が出来る。状態密度に依存はするが時間に関して定数の関数、時間依存した密度に依存した汎関数を密度の依存性に合わせて三種類(体積型、表面型、混合型)を採用し各々で、分裂片を求めた。

等四重極モーメント面、等エネルギー面

時間発展の初期状態には異なる八重極モーメントを持つ多数の配位を考える。今回のモデルではこれらの初期配位に共通する原子核の性質に、原子核の延伸とエネルギーが考えられる。対象原子核の延伸の程度はその四重極モーメントでおおよそ決定される事、また初期配位が量子力学的に系のエネルギーで決定される事が考えられる為である。

以上の方法で得られた荷電偏極と Wahl's systematics で採録されているデータと比較し、さらに統計崩壊計算(Hauser-Feshbach 計算)に入力して、即発中性子収量の平均値を比較した。

また、形状に関する PES の有効相互作用依存性を調べた。SkM*, Sly4, SkI3 の三種のパラメータで PES を計算し、エネルギーの内訳を調べ、核分裂障壁を決定している項を見出した。

4. 研究成果

(1) CSHF+BCS を用いた荷電偏極

ウランウム 236 の基底状態の四重極モーメント(Q_{20})は $870 \text{ (fm}^2\text{)}$ と得られたが、核分裂の配位を得る為に用意する PES では $Q_{20} = 0 \sim 20,880 \text{ (fm}^2\text{)}$, $Q_{30} = 0 \sim 80,000 \text{ (fm}^3\text{)}$ の範囲で状態を求めた(図 1)。PES 上で断裂した配位は丸印で示している。その配位から求めた荷電偏極は図 2 に示されている。

(2) Cb-TDHF を用いた荷電偏極

初期状態としては等四重極モーメントの配位、等エネルギーの配位(図 1 の × 印)を用いた。等四重極モーメントの配位では対相関相互作用の依存性を調べた。これらの荷電偏極は図 2 に示されている。

ウランウム 236 は対称核分裂の配位を求める為には非常に大きな四重極モーメントが必要である事が分かる(図 1)。加えて $Q_{20} = 2,500 \text{ (fm}^2\text{)}$ 辺りに準安定状態の停留点が確認されるが、対称核分裂の経路をたどる為には、大きな障壁を超える必要がある。非対称核分裂の質量数分布を持つ結果と整合性が取れた PES が得られている。

図 2 は各々の理論模型で得られたウランウム 236 からの核分裂片の荷電偏極を分裂片の質量数 (A_f) で示したものである。Wahl's systematics のものは小さい四角で示されているが、対称核分裂 ($A_f = 118$) 周辺で特徴的な振舞いをしている。一方、計算で得られた結果は全て異なる傾向の結果を示している。断熱的に得られた結果(十字)では、原子核の殻構造が反映された結果が示唆されている。実際に $A_f = 130$ 付近の核種は陽子数が 50 付近、中性子数が 82 付近を持った状態であり、断熱的な計算では最大の荷電偏極を示している。更に $A_f = 137$ の盛り上がりは陽子数 54、中性子数 84 の様な八重極変形核の数を示している。

等四重極モーメント ($Q_{20} = 10,000 \text{ fm}^2$) を初期配位として、外場を与えないで計算した実時間発展の結果は、断熱的に得られた結果と殆ど変わらない結果となった。さらに対相互作用汎関数の依存性も大きくない事が分かった。対相関の動的効果は汎関数の違いにより、異なるはずであるが、その影響は小さい事が分かる。

等エネルギー ($E = -1793 \text{ MeV}$) を持つ初期配位とした実時間発展の結果、Wahl's systematics と同等の大きさの荷電偏極が、 $A_f = 95$ 以下(または $A_f = 140$ 以上)、の核分裂片で現れる事が分かった。中性子を放出する分裂片は $A_f = 90$ 辺が多く、この大きな荷電偏極は実測値を再現する上で非常に重要になる。実際に統計崩壊計算に入力すると、Wahl's systematics を使った結果と同等の結果を得る事が出来た。

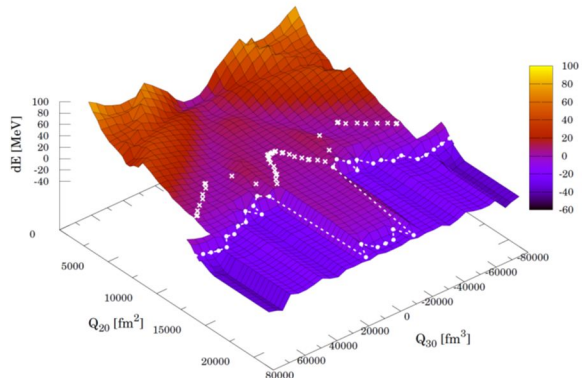


図 1 ウランウム 236 の形状に関する PES

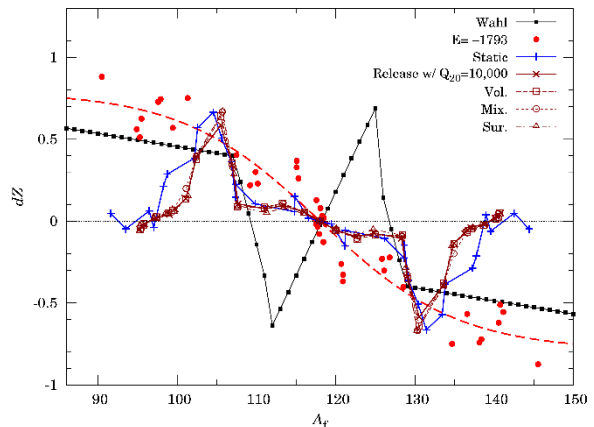


図 2 核分裂片の荷電偏極(dZ)の質量数依存性

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yoshinaga N, Umeya A, Ebata S, Nojima T, Ito S	4. 巻 98
2. 論文標題 Simple model for a study of hypernuclei in medium and heavy mass regions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physica Scripta	6. 最初と最後の頁 085309 ~ 085309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1402-4896/ace565	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 Ebata Shuichiro, Okumura Shin, Ishizuka Chikako, Chiba Satoshi	4. 巻 32
2. 論文標題 The difference between charge polarizations of fission fragments deduced by the static theoretical model and in the current data library	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics E	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0218301323500301	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 Aikawa Masayuki, Toyoda Yutaka, Gantumur Damdinsuren, Ukon Naoyuki, Ebata Shuichiro, Haba Hiromitsu, Takacs Sandor, Ditroi Ferenc, Szucs Zoltan	4. 巻 543
2. 論文標題 Activation cross sections of deuteron-induced reactions on natural rhenium up to 23 MeV	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 165093 ~ 165093
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2023.165093	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 Takacs S., Ditroi F., Szucs Z., Aikawa M., Haba H., Toyoda Y., Damdinsuren G., Ebata S.	4. 巻 545
2. 論文標題 Activation cross section measurement of alpha-particle induced nuclear reactions on tantalum	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 165127 ~ 165127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2023.165127	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 Furumoto T, Tsubakihara K, Ebata S, Horiuchi W	4. 巻 2024
2. 論文標題 Global density-dependent α -nucleon interaction for ^{52}Mn -nucleus elastic scattering	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptad148	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 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 -
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 Fujio Kazuki, Ebata Shuichiro, Inakura Tsunenori, Ishizuka Chikako, Chiba Satoshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Energy competition and pairing effect for the fission path with a microscopic model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Physics	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) 10.3389/fphy.2022.986488	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 Gantumur Damdinsuren, Aikawa Masayuki, Khishigjargal Tegshjargal, Norov Erdene, Ebata Shuichiro, Haba Hiromitsu	4. 巻 184
2. 論文標題 Production cross sections of ^{52}Mn in alpha-particle-induced reactions on natural vanadium	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Radiation and Isotopes	6. 最初と最後の頁 110204 - 110204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apradiso.2022.110204	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 Ebata Shuichiro, Aikawa Masayuki, Gantumur Damdinsuren, Haba Hiromitsu	4. 巻 530
2. 論文標題 Activation cross sections of alpha-particle-induced reactions on natural lanthanum up to 50 MeV	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 18 ~ 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2022.09.002	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 Aikawa Masayuki, Maehashi Takuto, Ichinkhorloo Dagvadorj, Ebata Shuichiro, Komori Yukiko, Haba Hiromitsu	4. 巻 498
2. 論文標題 Activation cross sections of deuteron-induced reactions on praseodymium up to 24 MeV	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 23 ~ 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2021.04.011	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 Watanabe Chinatsu, Yoshinaga Naotaka, Ebata Shuichiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Equations of State for Hadronic Matter and Mass-Radius Relations of Neutron Stars with Strong Magnetic Fields	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Universe	6. 最初と最後の頁 48 ~ 48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/universe8010048	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 Gantumur Damdinsuren, Aikawa Masayuki, Khishigjargal Tegshjargal, Norov Erdene, Ebata Shuichiro, Haba Hiromitsu	4. 巻 184
2. 論文標題 Production cross sections of ^{52}Mn in alpha-particle-induced reactions on natural vanadium	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Radiation and Isotopes	6. 最初と最後の頁 110204 ~ 110204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apradiso.2022.110204	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 Ebata Shuichiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Studies on Nuclear Structure and Nuclear Dynamics Using Cb-TDHFB	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphy.2020.00102	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16件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 S.Ebata, S.Okumura, C.Ishizuka, S.Chiba
2. 発表標題 Charge polarization on the fission fragments from U-236 calculated with a time-dependent mean-field model
3. 学会等名 Advances in Radioactive Isotope Science 2023 (ARIS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S.Ebata, A.Umeya, N.Yoshinaga
2. 発表標題 Electric dipole strength functions of Lambda hypernuclei obtained by the time dependent mean field calculation
3. 学会等名 7th International Conference on Collective Motion in Nuclei under Extreme Conditions (COMEX7) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 江幡修一郎, 奥村森, 石塚知香子, 千葉敏
2. 発表標題 微視的平均場模型で計算した電荷分布から推定した中性子多重度
3. 学会等名 日本原子力学会2024年春の年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 S.Ebata, S.Okumura, C.Ishizuka, S.Chiba
2. 発表標題 Charge polarization calculated with a microscopic model for the fission fragments of U-236
3. 学会等名 15th International Conference on Nuclear Data for Science and Technology (ND2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 江幡 修一郎, 伊東 駿, 梅谷 篤史, 吉永 尚孝
2. 発表標題 時間依存平均場模型によるラムダハイパー核の遷移強度分布の計算
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 江幡 修一郎, 奥村 森, 石塚 知香子, 千葉 敏
2. 発表標題 時間依存平均場模型で導出した核分裂片の荷電偏極のエネルギー依存性
3. 学会等名 日本原子力学会 2021年秋の大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江幡 修一郎, 奥村 森, 石塚 知香子, 千葉 敏
2. 発表標題 核分裂片の荷電偏極に対する時間依存平均場模型の初期エネルギー依存性
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊東駿, 江幡修一郎, 吉永尚孝, 梅谷篤史
2. 発表標題 Skyrme型有効相互作用を用いた ハイパー核の密度分布の平均場計算
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 吉永尚孝, 梅谷篤史, 野嶋翼, 江幡修一郎, 伊東駿
2. 発表標題 中重核領域 ハイパー核の簡単な模型
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 江幡 修一郎, 奥村 森, 石塚 知香子, 千葉 敏
2. 発表標題 時間依存平均場計算で導出した核分裂片の荷電偏極の対相関依存性
3. 学会等名 日本原子力学会「2020年秋の大会」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江幡 修一郎, 奥村 森, 石塚 知香子, 千葉 敏
2. 発表標題 平均場模型による核分裂片の荷電偏極の計算と評価
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 江幡 修一郎, 奥村 森, 石塚 知香子, 千葉 敏
2. 発表標題 実時間平均場計算で等エネルギー面から導出した核分裂片の荷電偏極の評価
3. 学会等名 日本原子力学会「2021年春の年会」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江幡 修一郎, 奥村 森, 石塚 知香子, 千葉 敏
2. 発表標題 時間依存平均場模型による核分裂片の荷電偏極の計算
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会 (2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤尾 和樹, 江幡 修一郎, 稲倉 恒法, 千葉 敏
2. 発表標題 微視的平均場模型を用いたU-236の核分裂経路を構成するエネルギーの分解
3. 学会等名 日本原子力学会「2020年秋の大会」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤尾 和樹, 江幡 修一郎, 稲倉 恒法, 千葉 敏
2. 発表標題 微視的平均場模型を用いたU-236の荷電偏極の有効相互作用依存性
3. 学会等名 日本原子力学会「2021年春の年会」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 張 旋, 藤尾 和樹, 江幡 修一郎, Fedir Ivanyuk, 石塚 知香子, 稲倉 恒法, 千葉 敏
2. 発表標題 核分裂片変形度と即発中性子多重度の相関
3. 学会等名 日本原子力学会「2020年秋の大会」
4. 発表年 2020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	吉永 尚孝 (Yoshinaga Naotaka) (00192427)	埼玉大学・理工学研究科・名誉教授 (12401)	
研究分担者	千葉 敏 (Chiba Satoshi) (60354883)	東京工業大学・科学技術創成研究院・教授 (12608)	

	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
研究協力者	奥村 森 (Okumura Shin)		
研究協力者	藤尾 和樹 (Fujio Kazuki)		

6. 研究組織（つづき）

	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
連携研究者	石塚 知香子 (Ishizuka Chikako) (10399800)	東京工業大学・科学技術創成研究院・助教 (12608)	

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