

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K05352

研究課題名(和文) 多重ノックアウト反応で解き明かす原子核の独立粒子描像の崩れと多核子相関の全貌

研究課題名(英文) Elucidation of the many-nucleon correlations and breakdown of the single-particle nature of nuclei via multi-nucleon knockout reactions

研究代表者

緒方 一介 (Ogata, Kazuyuki)

大阪大学・核物理研究センター・准教授

研究者番号：50346764

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)：原子核から1つの陽子または中性子(纏めて核子)をたたき出す反応を系統的に分析することにより、様々な原子核の中で、核子がどの程度独立して振る舞っているかを明らかにした。核子の独立性と原子核の安定性(秩序)は強く結びついており、この研究から、原子核を安定化する核子の数(=魔法数)を決定することができる。陽子と中性子の数のバランスが崩れた原子核の魔法数は未解明であったが、実験グループとの連携により、28個の陽子と50個の中性子をもつニッケル78原子核が特筆して安定な原子核であることを示した。また、原子核内における α 粒子(ヘリウム4原子核)の発達度と α 粒子をたたき出す反応の関係を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

原子核という核子多体系の性質を理解する上で最も重要な指標として、核内核子の独立粒子性と、その帰結として現れる魔法数(原子核が安定化する核子の数)がある。中性子が過剰な原子核の魔法数を決定することは、核子多体系に対する理解を深める上でも、また、宇宙元素合成の実態解明のためにも極めて重要である。ニッケル78原子核があらゆる原子核の中でもひととき安定な二重魔法核であることを示した意義は大きいと考えられる。また、独立粒子性を崩す原因である核子相関の証左として、原子核中に発現する2中性子ペアや α 粒子の数(実効数)に着目し、これを実験で観測する方法を確立したことも、本研究の重要な成果と考えられる。

研究成果の概要(英文)：By systematically analyzing the nucleon knockout reactions, it was revealed how the nucleon inside a nucleus behaves as an independent particle. This independent particle picture is closely related to the stability (or "order") of nuclei, and thus the number of nucleons that stabilizes nuclei (the magic number) can be determined from this study. Although the magic number of unstable nuclei, in which the number of protons and neutrons is out of balance, has not been clarified, in cooperation with the experimental group at RIBF, RIKEN, the nickel 78 nucleus with 28 protons and 50 neutrons has been established as a distinguishably stable, that is, a doubly-magic nucleus. We also clarified the relationship between the degree of development of an alpha particle (helium 4 nucleus) in a nucleus and the reaction observables for the alpha-knockout reactions.

研究分野：原子核反応論

キーワード：ノックアウト反応 多核子相関 2核子相関 独立粒子描像 魔法数 歪曲波インパルス近似 クラスター 微視的反応論

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在、原子核物理学の研究対象は、我々の身のまわりに存在する安定核から、陽子と中性子の数のバランスが崩れた不安定核へと拡大している。これら全ての原子核を統一的に理解する上で鍵となるのが、核子(陽子・中性子の総称)の独立粒子描像である。その帰結として生じる殻構造および魔法数が、安定核と不安定核で異なるという知見(=殻進化)は、原子核物理学の教科書を書き換える発見として、大きな話題を呼んでいる。

独立粒子描像の成立度は、分光学的因子(S 因子)と呼ばれる量で定量化される。成立度が100%とならないのは、核子群が作る平均場には繰り込めない核子間の様々な相関により、純粋な独立粒子描像が崩れるためである。核子相関としては、BCS のクーパー対と類似した陽子対相関・中性子対相関が古くから知られているが、この相関は、一部の中性子過剰核で実現する低密度領域において、空間的に強く相関したボーズ・アインシュタイン凝縮型へと移行することが示唆されている。また、陽子数と中性子数が等しい中重核では、重陽子に類似した新しい陽子-中性子相関の存在が予想されている。2つの陽子と2つの中性子が核内で α 粒子(^4He)を形成する相関もまた、一部の原子核が持つ基本特性の1つである。重要な点は、核子間相互作用は不変であるにも関わらず、陽子・中性子数の組み合わせという“環境”に応じて、平均場や核子相関の実体が多彩に変化するという点である。安定核と不安定核を俯瞰することにより、平均場と核子相関を軸とした原子核の統一的な描像を得ることが可能となる。

2. 研究の目的

安定核・不安定を区別せず、原子核全体を俯瞰し、陽子数・中性子数の組み合わせ(“環境”)が変化したとき、核子多体系の独立粒子描像(原始的殻模型の基本描像)がどの程度保持されるのかを、陽子をプローブとする1核子ノックアウト反応の実験データを系統的かつ定量的に分析することによって明らかにする。これは、反応論の観点から定量性に疑問のある、原子核プローブを用いた先行研究の結果を刷新するという意味合いも持つ。さらに、2核子ノックアウト反応および α 粒子のノックアウト反応の分析を並行して行い、独立粒子描像の崩れをもたらす多核子相関(多様な2核子相関や相関)についても、その系統性(“環境”に応じた変容)を解明する。

3. 研究の方法

殻模型と平均場模型を組み合わせ、核内における相関した2核子の空間分布と、相関を免れて独立粒子的に振る舞う1核子の空間分布の双方を系統的に計算する。核内での α 粒子の波動関数(相関を反映)は、反対称化分子動力学によって求める。各種ノックアウト反応は、原子核内での2核子あるいは核子- α の(多重)散乱過程として描述し、上述の構造情報と2核子間力のみから反応の断面積を微視的に評価する。調整パラメータを含まない断面積の計算結果と実験データとの比較により、独立粒子描像の崩れと多核子相関の系統性を定量的に解明する。この統合的な研究を遂行すべく、核構造・核子間相互作用・核反応の専門家から構成される研究体制を構築する。

4. 研究成果

(1) 陽子を用いた1陽子ノックアウト反応($(p,2p)$ 反応)の安定核データを系統的に分析し、この反応が、歴史的に最も信頼性の高い電子を用いた陽子ノックアウト反応($(e,e'p)$ 反応)と同等の精度で、原子核の1粒子構造を解明する手段であることを示した(図1)。電子ビームを用いたノックアウト反応は、たたき出す核子が陽子に限定され、また、不安定核に対して適用できないという制限があるが、陽子を用いる場合、そのような制限は存在しない。この成果は、以下で述べる1核子ノックアウト反応を用いた不安定核の1粒子構造研究の基盤としても位置づけられる。

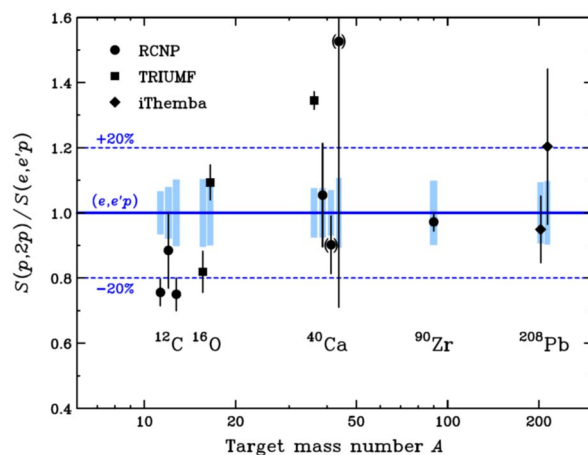


図1: $(p,2p)$ 反応で決定した分光学的因子(1粒子構造の成立度)と $(e,e'p)$ 反応の結果の比較。横軸は原子核の質量数。文献[1]より。

(2) 本研究では、ノックアウト反応の分析に歪曲インパルス近似(DWIA)を用いている。この模型はこれまでのノックアウト反応研究に広く用いられ、成功を収めているが、入射核子と核内核子の衝突を記述する際、自由空間中の2核子衝突を仮定している。このインパルス近似は、高いエネルギーでは高い精度を有すると期待されるが、厳密な検証はなされていなかった。そこで我々はDWIAの計算結果を、スペインの研究グループが考案したtransfer to the continuum模型[2]、ならびに3体反応の厳密解であるファデーエフ理論の計算結果と比較し、400 MeVにおける炭素15からの1中性子ノックアウト反応に関して、それらが極めて高い精度で一致することを示した[3]。

(3) 独自に開発した DWIA 計算コードを用いて、大阪大学核物理研究センターならびに理化学研究所の RIBF において取得された実験データの解析に協力し、不安定核と安定核で独立粒子描像の崩れはほぼ一定であることを示した[4] (図 2)。これは、ミシガン州立大学(MSU)のグループが先行して発表していた知見を明確に否定する結果である。MSU グループの実験解析に用いられている核反応モデルの問題点[5]とあわせて考えれば、独立粒子描像の崩れの普遍性が、今回、信頼性の高い実験と理論の連携によってはじめて示されたと考えられる。その後、同様の分析をドイツの重イオン研究所(GSI)で取得されたデータについて行い、やはり独立粒子描像の崩れは原子核の安定性に依存しないという結果を得た[6]。

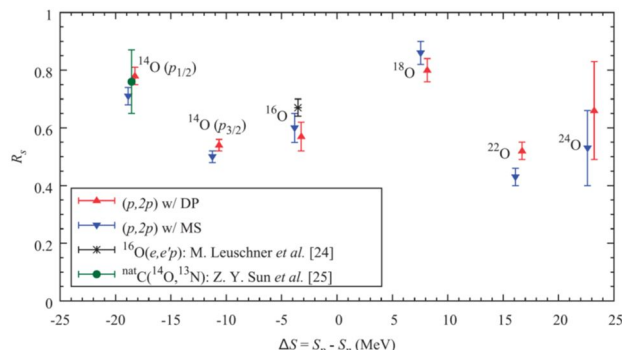


図 2: 1 粒子構造の崩れを特徴づける因子 R_s の原子核依存性。横軸は陽子と中性子のバランスの崩れを示す(0 付近が安定核に対応)。文献[4]より。

(4) 理研 RIBF で系統的に測定された $(p, 2p)$ および (p, pn) 反応のデータ分析に協力し、質量数が 40 ~ 80 程度の中性子過剰な原子核における魔法数の発現/消失の様相を明らかにした。特に重要な成果として、ニッケル 78 が二重魔法核であることを実証したことが挙げられる[7]。

(5) 原子核の独立粒子描像を崩す原因は、核子が感じる平均場(1 体場)に線り込めない残留相互作用(核子相関)である。この相関の代表例として、核内に 1 粒子を発現させる 4 核子($2p2n$)相関がある。本研究では、ノックアウト反応 (p, p) 反応がこの相関の度合いを実証する手段であることを示した。特に、 (p, p) 反応は核内の 1 粒子という見方が正しく成立する核表面を選択的に観測する最適な手段であることを示したこと[8]、微視的な原子核構造計算と核反応計算を組み合わせて、調整パラメータ無しに既存の (p, p) 反応の断面積を再現したこと[9]は、今後の クラスタ研究、特に観測量を用いた研究の方向性を決定づけるものであると考えられる。

(6) 一部の中性子過剰核で発現することが示唆されている 2 中性子の空間的相関(ダイニュートロン相関)を実証する手段として、陽子による 1 中性子ノックアウト反応を提唱した[10]。重要な点は、たたき出される 1 つの中性子が高いエネルギーと運動量移行を受けて放出されるため、もうひとつの中性子と残留核からなる系との間の終状態相互作用が最小化できることである。この手法はリシウム 11 原子核の分析に適用され、成功を収めている[11]。

(7) 原子核内における陽子-中性子間の高運動量相関を調べる手段として、中性子捕獲型の重陽子ノックアウト反応 (p, pd) 反応が提唱されている。我々はこの反応が核内 pn 散乱の交換項に対応すること、そして通常の (p, pd) 反応が pn 散乱の直接項に対応することを示し、両者を同時に測定することにより、原子核内における重陽子に類似した粒子(pn 対)の発現度と、その pn 対の高運動量成分が一度に引き出せることを明らかにした。2019 年、この知見に基づいた実験計画は理研 RIBF の課題として提出され、実施承認を受けた。

参考文献

- [1] T. Wakasa, K. Ogata, and T. Noro, Prog. Part. Nucl. Phys. **96**, 32 (2017).
- [2] A. M. Moro, Phys. Rev. C **92**, 044605 (2015).
- [3] K. Yoshida, M. Gómez-Ramos, K. Ogata, and A. M. Moro, Phys. Rev. C **97**, 024608 (2018).
- [4] Shoichiro Kawase *et al.*, Prog. Theor. Expt. Phys. **2018**, 021D01 (2018).
- [5] K. Ogata, K. Yoshida, and K. Minomo, Phys. Rev. C **92**, 034616 (2015).
- [6] N. T. T. Phuc, K. Yoshida, and K. Ogata, Phys. Rev. C **100**, 064604 (2019).
- [7] R. Taniuchi *et al.*, Nature **569**, 53 (2019).
- [8] K. Yoshida, K. Ogata, and Y. Kanada-En'yo, Phys. Rev. C **98**, 024614(2018).
- [9] K. Yoshida, Y. Chiba, M. Kimura, Y. Taniguchi, Y. Kanada-En'yo, and K. Ogata, Phys. Rev. C **100**, 044601 (2019).
- [10] Y. kikuchi, K. Ogata, Y. Kubota, M. Sasano, and T. Uesaka, Prog. Theor. Expt. Phys. **2016**, 103D03 (2016).
- [11] Y. Kubota *et al.*, in preparation (2020).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計38件（うち査読付論文 38件 / うち国際共著 19件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Lyu Mengjiao, Yoshida Kazuki, Kanada-En'yo Yoshiko, Ogata Kazuyuki	4. 巻 97
2. 論文標題 Manifestation of clustering in Be10 via α -knockout reaction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 064612-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.97.044612	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 Yoshida Kazuki, Ogata Kazuyuki, Kanada-En'yo Yoshiko	4. 巻 98
2. 論文標題 Investigation of clustering with knockout reactions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 024614-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.98.024614	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 Takeuchi Satoshi, Nakamura Takashi, Shikata Mizuki et al.	4. 巻 2019
2. 論文標題 Coulomb breakup reactions of $^{93,94}\text{Zr}$ in inverse kinematics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 013D02-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/pty138	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 Kikuchi Yuma, Ogata Kazuyuki, Hayakawa Takehito, Chiba Satoshi	4. 巻 98
2. 論文標題 Azimuthal angle distributions of neutrons emitted from the Be9(α ,n) reaction with linearly polarized rays	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 064611-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.98.064611	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 Elekes Z., Kripk, Sohler D., Sieja K., Ogata et al.	4. 巻 99
2. 論文標題 Nuclear structure of Ni76 from the (p,2p) reaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 014312-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.99.014312	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 Fukui Tokuro, Kanada-En'yo Yoshiko, Ogata Kazuyuki, Suhara Tadahiro, Taniguchi Yasutaka	4. 巻 983
2. 論文標題 Investigation of spatial manifestation of clusters in 160 via α -transfer reactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Physics A	6. 最初と最後の頁 38 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nuclphysa.2018.12.024	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 Vaquero V., Jungclaus A., Doornenbal P. et al.	4. 巻 99
2. 論文標題 In-beam γ -ray spectroscopy of Te136 at relativistic energies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034306-1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.99.034306	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 Guo Hairui, Watanabe Yukinobu, Matsumoto Takuma, Nagaoka Kohei, Ogata Kazuyuki, Yahiro Masanobu	4. 巻 99
2. 論文標題 Analysis of nucleon and triton emissions from nucleon-Li7 collisions below 20 MeV	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034602-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.99.034602	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 Chazono Yoshiki、Yoshida Kazuki、Ogata Kazuyuki	4. 巻 95
2. 論文標題 Examination of the adiabatic approximation for (d,p) reactions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.95.064608	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 Wakasa T.、Ogata K.、Noro T.	4. 巻 96
2. 論文標題 Proton-induced knockout reactions with polarized and unpolarized beams	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress in Particle and Nuclear Physics	6. 最初と最後の頁 32 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pnpnp.2017.06.002	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 -

1. 著者名 Minomo Kosho、Kohno Michio、Yoshida Kazuki、Ogata Kazuyuki	4. 巻 96
2. 論文標題 Probing three-nucleon-force effects via (p,2p) reactions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.96.024609	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 Olivier L.、Franchoo 他	4. 巻 119
2. 論文標題 Persistence of the Z=28 Shell Gap Around Ni78: First Spectroscopy of Cu79	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	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) 10.1103/PhysRevLett.119.192501	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 Kawase Shoichiro 他	4. 巻 2018
2. 論文標題 Exclusive quasi-free proton knockout from oxygen isotopes at intermediate energies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/pty011	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 Yoshida K., Gomez-Ramos M., Ogata K., Moro A. M.	4. 巻 97
2. 論文標題 Benchmarking theoretical formalisms for (p,pn) reactions: The C15(p,pn)C14 case	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.97.024608	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 S. Nakayama, H. Kouno, Y. Watanabe, O. Iwamoto, and K. Ogata	4. 巻 94
2. 論文標題 Theoretical model analysis of (d,xn) reactions on 9Be and 12C at incident energies up to 50 MeV	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 014618-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.94.014618	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 Y. Kikuchi, K. Ogata, Y. Kubota, M. Sasano, and T. Uesaka	4. 巻 2016
2. 論文標題 Determination of a dineutron correlation in Borromean nuclei via a quasi-free knockout (p,pn)	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 103D03-1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptw148	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 Y. S. Neoh, K. Yoshida, K. Minomo, and K. Ogata	4. 巻 94
2. 論文標題 Microscopic effective reaction theory for deuteron-induced reactions	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 044619-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.94.044619	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 K. Ogata and K. Yoshida	4. 巻 94
2. 論文標題 Applicability of the continuum-discretized coupled-channels method to the deuteron breakup at low energies	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 051603(R)-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.94.051603	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. Minomo, K. Washiyama, and K. Ogata	4. 巻 54
2. 論文標題 Deuteron-nucleus total reaction cross sections up to 1 GeV	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear Science and Technology	6. 最初と最後の頁 127-130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00223131.2016.1213672	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 Taniuchi R.他	4. 巻 569
2. 論文標題 78Ni revealed as a doubly magic stronghold against nuclear deformation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 53 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-019-1155-x	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 Kanada-En'yo Yoshiko, Ogata Kazuyuki	4. 巻 99
2. 論文標題 scattering cross sections on C12 with a microscopic coupled-channels calculation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 64601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.99.064601	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 Kanada-En'yo Yoshiko, Ogata Kazuyuki	4. 巻 99
2. 論文標題 First microscopic coupled-channels calculation of cross sections for inelastic scattering off O16	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 64608
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.99.064608	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 Lyu Mengjiao, Yoshida Kazuki, Kanada-En'yo Yoshiko, Ogata Kazuyuki	4. 巻 99
2. 論文標題 Direct probing of the cluster structure in Be12 via the α -knockout reaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 64610
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.99.064610	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 Sato Koichi, Furumoto Takenori, Kikuchi Yuma, Ogata Kazuyuki, Sakuragi Yukinori	4. 巻 2019
2. 論文標題 Large-amplitude quadrupole shape mixing probed by the (p, p') reaction: A model analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 101D01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz095	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 Chen S.他	4. 巻 123
2. 論文標題 Quasifree Neutron Knockout from Ca54 Corroborates Arising N=34 Neutron Magic Number	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 142501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.123.142501	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 Yoshida Kazuki, Chiba Yohei, Kimura Masaaki, Taniguchi Yasutaka, Kanada-En'yo Yoshiko, Ogata Kazuyuki	4. 巻 100
2. 論文標題 Quantitative description of the Ne20(p,p)016 reaction as a means of probing the surface amplitude	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 144601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.100.044601	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 Matsumoto Takuma, Tanaka Junki, Ogata Kazuyuki	4. 巻 2019
2. 論文標題 Borromean Feshbach resonance in ${}^{11}\text{Li}$ studied via ${}^{11}\text{Li}(\text{p},\text{p}'\text{p})$	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 123D02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptz126	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 Cortes M.L.他	4. 巻 800
2. 論文標題 Shell evolution of $N=74$ isotones towards 60Ca : First spectroscopy of 62Ti	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2019.135071	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 Phuc Nguyen Tri Toan, Yoshida Kazuki, Ogata Kazuyuki	4. 巻 100
2. 論文標題 Toward a reliable description of (p,pN) reactions in the distorted-wave impulse approximation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 64604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.100.064604	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 Tanihata Isao, Ogata Kazuyuki	4. 巻 55
2. 論文標題 Soft giant resonance in two neutron halo nucleus ^{11}Li	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The European Physical Journal A	6. 最初と最後の頁 239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epja/i2019-12852-9	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 Kanada-En'yo Yoshiko, Ogata Kazuyuki	4. 巻 100
2. 論文標題 Microscopic calculation of inelastic proton scattering off ^{18}O , ^{10}Be , ^{12}Be , and ^{16}C to study neutron excitation in neutron-rich nuclei	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 64616
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.100.064616	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 Kanada-En'yo Yoshiko, Ogata Kazuyuki	4. 巻 101
2. 論文標題 Cluster structures and monopole transitions of ^{14}C	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 14317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.101.014317	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 Sun Y.L.他	4. 巻 802
2. 論文標題 Restoration of the natural E(1/21+) - E(3/21+) energy splitting in odd-K isotopes towards N = 40	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2020.135215	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 Lokotko T.他	4. 巻 101
2. 論文標題 Shell structure of the neutron-rich isotopes Co69,71,73	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 34314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.101.034314	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 Yang Zaihong他	4. 巻 31
2. 論文標題 -clustering in Heavy Nuclei 112?124Sn Probed with α Reaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 11019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.31.011019	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 Kanada-En 'yo Yoshiko, Ogata Kazuyuki	4. 巻 31
2. 論文標題 α Inelastic Scattering Cross Sections Off ^{12}C with Microscopic Coupled-channel Calculation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 11040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.31.011040	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 Tang T.L.他	4. 巻 124
2. 論文標題 How Different is the Core of F25 from Og.s.24 ?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 212502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.124.212502	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 Neoh Yuen Sim, Lyu Mengjiao, Chazono Yoshiki, Ogata Kazuyuki	4. 巻 101
2. 論文標題 Effect of the repulsive core in the proton-neutron potential on deuteron elastic breakup cross sections	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 54606
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.101.054606	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

〔学会発表〕 計25件 (うち招待講演 15件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Some nuclear astrophysical studies with the Continuum-Discretized Coupled-Channels method (CDCC)
3. 学会等名 ECT* workshop on Indirect Methods in Nuclear Astrophysics, Trento, Italy, November 5-9, 2018. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Development of Microscopic Effective Reaction Theory for Nuclear Transmutation Studies
3. 学会等名 ImPACT International Symposium on "New Horizons of Partitioning and Transmutation Technologies with Accelerator System", University of Tokyo, Tokyo, Japan, December 2-3, 2018. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Microscopic reaction theory to probe several faces of nuclei
3. 学会等名 International Symposium in Honor of Professor Nambu for the 10th Anniversary of his Nobel Prize in Physics, Osaka City University, Osaka, Japan, December 12-13, 2018. (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 緒方一介
2. 発表標題 クラスター構造の実証に向けたいくつかの取り組み
3. 学会等名 基研研究会「Threshold Rule 50」, 2018年10月3日-5日, 京都大学基礎物理学研究所, 京都
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 緒方一介
2. 発表標題 原子核のクラスター構造の実証に向けた取り組み
3. 学会等名 新学術領域研究「量子クラスターで読み解く物質の階層構造」キックオフシンポジウム, 2018年11月19日-20日, 東京工業大学, 東京.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 緒方一介
2. 発表標題 Some nuclear astrophysical studies with CDCC
3. 学会等名 Korea-Japan symposium on unstable nuclei and nuclear astrophysics, the 74th annual JPS meeting, March 14, 2019, Kyushu University, Fukuoka, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 緒方一介
2. 発表標題 24Mgの 非弾性散乱断面積と単極子強度分布の対応
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会, 2019年3月15日, 福岡
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Some recent attempts for probing several faces of nuclei
3. 学会等名 Seminar at the University of Seville, Seville, Spain, Jan. 14, 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Cross sections and spin polarization observables in exclusive and inclusive knockout reactions
3. 学会等名 the 746th ASRC Seminar, JAEA, Tokai, Japan, Feb. 21, 2019. (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuyuki Ogata
2. 発表標題 Direct reaction studies on exotic nuclear systems
3. 学会等名 International symposium on RI beam physics in the 21st century: 10th anniversary of RIBF, Wako, Japan, December 4-5, 2017. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuyuki Ogata
2. 発表標題 Description of proton-induced inclusive knockout reactions
3. 学会等名 ECT* workshop on Recent advances and challenges in the description of nuclear reactions at the limit of stability, Trento, Italy, March 5-9, 2018. (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 緒方一介
2. 発表標題 元素合成に関連した核反応理論研究のいくつかの話題
3. 学会等名 RIBF ULICシンポジウム「X線天体と元素合成を中心とする宇宙核物理研究会」, 2017年7月20日-21日, 理研仁科センター.
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 緒方一介
2. 発表標題 模型空間における3体反応の理論
3. 学会等名 原子核三者若手 夏の学校2017, 原子核パート講義, 2017年8月21日-26日, 国立オリンピック記念青少年総合センター. (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 緒方一介
2. 発表標題 環境を包有する量子反応理論
3. 学会等名 「初期宇宙における量子現象と原子核物理」研究会, 2018年1月5日, 大阪大学核物理研究センター.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 緒方一介
2. 発表標題 CDCCの柔軟性がもたらすもの
3. 学会等名 九大研究会「これまでの原子核物理学の潮流と今後の展望」, 2018年3月16日, 九州大学. (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 緒方一介
2. 発表標題 環境を包有する量子反応理論
3. 学会等名 日本物理学会 第73回年次大会 シンポジウム「特異的天体環境における量子現象と元素合成」, 2018年3月22日, 東京理科大学.
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Microscopic effective reaction theory for three- and four-body direct processes
3. 学会等名 ECT* Workshop on Three-body systems in reactions with rare isotopes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Direct Reaction Studies on Nuclear Clustering
3. 学会等名 Workshop on Nuclear Cluster Physics (WNCP2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Probing nuclear many-body correlations via knockout reactions
3. 学会等名 First Tsukuba-CCS-RIKEN joint workshop on microscopic theories of nuclear structure and dynamics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Direct reaction studies for revealing static and dynamical properties of nuclear systems I
3. 学会等名 Workshop on Challenges in Direct Nuclear Reactions, Beihang University, Beijing, China, August 19-21, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Direct reaction studies for revealing static and dynamical properties of nuclear systems II
3. 学会等名 Workshop on Challenges in Direct Nuclear Reactions, Beihang University, Beijing, China, August 19-21, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Description of (p,pN), (p,pa), and (p,pd) reactions
3. 学会等名 4th International Workshop on Quasi-Free Scattering with Radioactive-Ion Beams: QFS-RB 19, Maresias, Brazil, October 13-18, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Direct reactions for populating excited states of a nuclear system
3. 学会等名 RCNP workshop on RI-beam Spectroscopy by Innovative Gaseous Active Targets, RCNP, Osaka University, December 19-20, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 緒方 一介
2. 発表標題 酸素同位体に対する核子ロックアウト反応断面積の系統分析
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋の分科会, 2019年9月17日-20日, 山形大学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Ogata
2. 発表標題 Microscopic reaction theory and its applications to nuclear structure studies, nuclear astrophysics, and nuclear transmutation
3. 学会等名 KMI colloquium, Nagoya University, Nov. 27, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019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
連携研究者	宇都野 穣 (Utsuno Yutaka) (10343930)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 先端基礎研究センター・研究主幹 (82110)	

6. 研究組織（つづき）

	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	延與 佳子 (En'yo Yoshiko) (40300678)	京都大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授 (14301)	
連携研究者	河野 通郎 (Kohno Michio) (40234710)	大阪大学・核物理研究センター・協同研究員 (14401)	
連携研究者	清水 則孝 (Shimizu Noritaka) (30419254)	東京大学・理学(系)研究科(研究院)・特任准教授 (12601)	
連携研究者	吉田 賢市 (Yoshida Kenichi) (00567547)	京都大学・理学(系)研究科(研究院)・助教 (14301)	