

令和 3 年 5 月 28 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13566

研究課題名（和文）原子核励起状態の半径測定のための反跳距離透過法の実証

研究課題名（英文）Study of excited nuclear states via recoil distance transmission method

研究代表者

小林 信之（Nobuyuki, Kobayashi）

大阪大学・核物理研究センター・助教

研究者番号：80750778

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）：本研究の目的は、励起状態の核半径を反跳距離透過法を用いて測定することである。実験を行う上で問題となったのは、反応標的において生成された励起状態からの脱励起ガンマ線である。このガンマ線はトラッキングゲルマニウム検出器で得られるエネルギースペクトルにおいてバックグラウンドとして寄与し、これが得られる断面積における大きな系統誤差になっていた。しかし、本研究を進める中で、この成分を除去するための手法を開発することに成功した。この成果により、実験のデータ解析において問題となっていた、断面積に含まれる系統誤差を小さくすることが可能になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、短寿命励起状態の核反応研究が実現可能になった。さらに、比較的長寿命の励起状態であるアイソマーや、不安定核でも同じ手法が適応可能であり、本研究の波及効果は当初の想定を超えるものである。この手法の開発により、これまで不可能とされていた励起状態の核反応研究のみならず、安定核、不安定核、励起状態の実験研究を統一的に可能にする枠組みが整ったと言える。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to realize the recoil distance transmission method to measure the nuclear radii of excited states. In this study, a problem was the contaminant of de-excited gamma-rays from the excited states produced at the reaction target. This gamma-ray component is observed in the energy spectra obtained by the tracking Ge detectors, which causes large systematic error in the cross sections. During this study, I found that this contaminant can be reduced by using a double slit and high-resolution spectrometer. This achievement can solve the problem in the data analysis and reduce the systematic error in the final results.

研究分野：原子核実験

キーワード：原子核実験 八ロー核 励起状態

1. 研究開始当初の背景

原子核物理の面白さは、原子核という系自身が本質的に多様な“顔”を持つことにある。その性質は、大きく分けて静的（核構造）なものゝ動的（核反応）なものに分けられるが、これらの2つの性質を通して原子核という系と核物理の全体像が見えてくる。原子核は最も軽い陽子から超重核まで存在し、118種の元素、約3000種の同位体核種が実験的に見つかっている。核種は陽子数 Z と中性子数 N の組み合わせで表されるが、各原子核は1つの基底状態と複数の励起状態を持ち、各状態は励起エネルギー E_x で識別される。よって、原子核は Z, N , 及び E_x の3つの自由度を持ち、原子核の各状態は図1のように、 $Z-N-E_x$ 空間上の1点で与えられる。

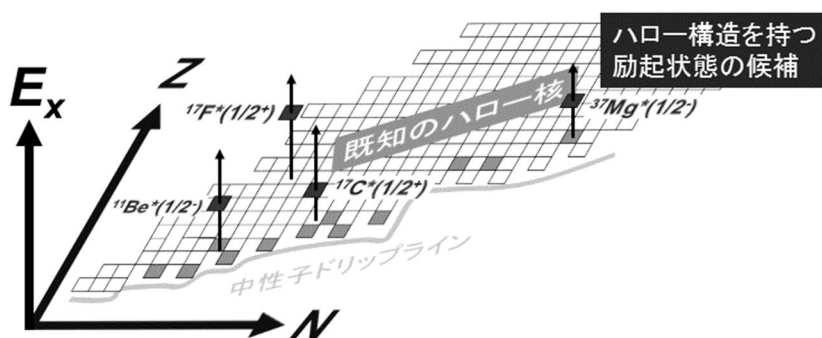


図1：陽子数 Z 、中性子数 N 、励起エネルギー E_x を軸に取った3次元の核図表。各四角が原子核の状態を表す。励起状態に表れるハロー構造の候補として $^{11}\text{B}(1/2^-)$, $^{17}\text{F}(1/2^+)$, $^{17}\text{C}(1/2^+)$, $^{37}\text{Mg}(1/2^-)$ を描いた。

このように、各状態は Z, N , 及び E_x によって一意に特徴づけられるが、興味深い事に、 Z, N , または E_x を少し変えると、原子核の性質（変形度、反応性、スピンパリティなど）はしばしば劇的に変化する。特に核の変形度の変化は量子相転移と呼ばれ (T. Togashi *et al.*, PRL **117** (2016) 172502)、 $Z-N-E_x$ 空間上の特定の領域に、同一のメカニズムによって生じたと思われる変形相が現れることが知られている。このような相を作り出す核の性質は、原子核がフェルミ粒子である核子からなる孤立した有限量子多体系であり、核全体の性質が最外殻の少数の核子によって“自発的に”決定づけられることに起因する。

原子核の平均場理論や、反対称化分子動力学法を用いた理論計算によると、核の励起状態には、クラスター構造や三軸非対称変形、洋ナシ型、バナナ型といった多様な構造が示唆され、いくつかの候補も発見されている。しかし、核反応によって得られた直接的な証拠はない。さらに、これまで盛んに研究されてきた特異構造“ハロー構造”を持つ状態が $Z-N-E_x$ 空間上でどのように分布し、どのようなメカニズムで出現するのかという疑問がある。

ハロー構造は、核の束縛エネルギーが小さい場合に生じる構造であり、最外殻の核子の波動関数が核の平均ポテンシャルからトンネル効果によって大きくはみ出した“ハロー（暈）”のこと指す。核がハロー構造を持つ場合、核半径は大きくなり、核の反応率（断面積）も大きくなる。これまで、ハロー構造は図1の中性子ドリップライン近傍に見つ

かっており、ハロー構造をもつ最も重い核は私の研究によって発見された ^{37}Mg (N. Kobayashi *et al.*, PRL, **112** (2016) 242501) であり、その近傍にも ^{22}C (N. Kobayashi *et al.*, PRC, **86** (2012) 054604) や ^{29}Ne (N. Kobayashi *et al.*, PRC, **93** (2016) 014613) といった核がハロー核または“適度なハロー核”として同定されている。 ^{37}Mg と ^{29}Ne は“逆転の島”と呼ばれる魔法数を破って生じた特殊な変形相に位置する核であり、変形がハロー構造を生み出す一つの要因として考えられている。この結果から、より重い領域、さらには、励起状態において、ハロー構造が従来の予想以上に多く出現することが示唆されている。特に、励起状態におけるハロー構造の特定は原子核の相を研究する上で重要な課題であるが、これまで、実験上の困難さから不可能とされ、全く行われて来なかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は励起状態に表れると予想されるハロー構造の半径を測定し、手法を確立することである。原子核の励起状態は寿命が短いため、標的にすることが出来ず、またビームとして生成しようとしても、反応を起こす前に崩壊してしまい、反応研究に用いることが出来なかった。しかし、励起状態の寿命測定法である反跳距離ドップラースhift法 (RDDM) で用いられるプランジャー装置と、基底状態の核半径を測定するための透過法を組み合わせることで、励起状態の核半径の測定が可能になる。

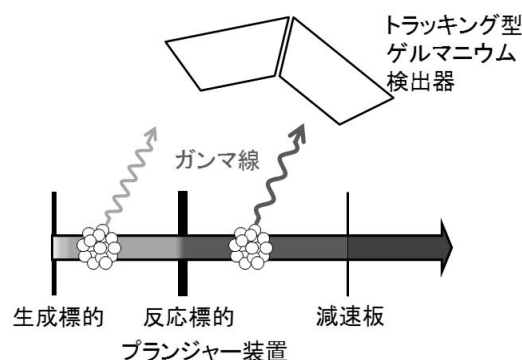


図 2: 実験セットアップ模式図。生成標的で生成された励起状態を丸(核子)の集まりで表した。

プランジャー装置は図 2 のように 3 枚の金属フォイルで構成され、これらの相対距離を変えるためのステッピングモータを内蔵する。実験対象の励起状態を作る元となるビームは、図 2 の左からプランジャー装置に入射する。1 枚目のフォイルは励起状態を生成するための生成標的であり、2 枚目のフォイルは励起状態を反応させたための反応標的である。3 枚目のフォイルは減速板であり、測定精度を上げるためのサポートの役割を持つ。

もし励起状態の半径が大きい場合、反応率も大きくなるため、反応標的によって多くの励起状態が反応し、標的から出てくる励起状態の数は減少する。よって、反応標的の前後における励起状態の数の比を取ることで、半径を導出することが出来る。反応標的の前後における励起状態の数の測定は、励起状態から出てくるガンマ線をトラッキング型ゲルマニウム検出器で計数することで実現する。ガンマ線の発生地点が標的の前であるか、後であるかについては、ガンマ線のエネルギーから区別することが出来る。これは、反応標的によって励起状態は大きく減速され、放出されるガンマ線のエネルギーがドップラースhiftによって標的前後で変わるためである。

3. 研究の方法

本研究で始めに対象とした核は ^{17}F である。 ^{17}F の第一 $1/2^+$ 状態は陽子分離エネルギーが 105 keV と弱束縛であり、陽子ハロー構造を持つことが示唆されている。しかし、これまで励起状態の半径の測定例はないため、直接的な実験的証拠はない。そこで、本手法を用いて半径を測定し、手法の実証を行うと同時に、ハロー構造の有無の特定を目指す。本実験のハロー構造の半径の決定精度は誤差 12% であり、基底状態に対する透過法を用いた測定精度 (数 %) には及ばないが、ハロー構造の有無を議論するには十分である。励起状態にハロー構造が発見されれば、 $Z-N$ 平面のドリップライン近傍だけでなく、 $Z-N-E_x$ 空間上の広大な領域にハロー構造が分布することを示唆する。

4. 研究成果

実験を行う上で問題となったのは、反応標的において生成された励起状態からの脱励起ガンマ線である。このガンマ線はトラッキングゲルマニウム検出器で得られるエネルギースペクトルにおいてバックグラウンドとして寄与し、これが得られる断面積における大きな系統誤差になっていた。しかし、本研究を進める中で、この成分を除去するための手法を開発することに成功した。この手法の最も基礎となるアイデアは、生成標的と反応標的で生成される励起状態を 2 重スリットで選択し、さらに後段の高分解能スペクトロメータで間接的にタグ付けすることで、励起状態の反応のみを選別することである。現在、この手法に関する論文を執筆中である。

本研究の成果により、短寿命励起状態の核反応研究が実現可能になった。さらに、比較的長寿命のアイソマーや、不安定核でも同じ手法が適応可能であり、本研究の波及効果は当初の想定を超えるものである。この手法の開発により、これまで不可能とされていた励起状態の核反応研究のみならず、安定核、不安定核、励起状態の実験研究を統一的に可能にする枠組みが整ったと言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 25件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Howard K.B., Garg U., Itoh M., Akimune H., Bagchi S., Doi T., Fujikawa Y., Fujiwara M., Furuno T., Harakeh M.N., Hijikata Y., Inaba K., Ishida S., Kalantar-Nayestanaki N., Kawabata T., Kawashima S., Kitamura K., Kobayashi N., Matsuda Y., Nakagawa A., Nakamura S., Nosaka K., Okamoto S., Ota S., Weyhmiller S., Yang Z.	4. 巻 801
2. 論文標題 Compression-mode resonances in the calcium isotopes and implications for the asymmetry term in nuclear incompressibility	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135185 ~ 135185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2019.135185	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 Vaquero V., Jungclaus A., Aumann T., Tscheuschner J., Litvinova E. V., Tostevin J. A., Kobayashi N. et al.	4. 巻 124
2. 論文標題 Fragmentation of Single-Particle Strength around the Doubly Magic Nucleus ^{132}Sn and the Position of the $0f_{5/2}$ Proton-Hole State in ^{131}In	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 022501 ~ 022501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.124.022501	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 Nakai S., Sekiguchi K., Miki K., Watanabe A., Mukai T., Shibuya S., Watanabe M., Kobayashi N. et al.	4. 巻 238
2. 論文標題 Measurement for $p+^3\text{He}$ Elastic Scattering with a 65 MeV Polarized Proton Beam	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Springer Proceedings in Physics	6. 最初と最後の頁 513 ~ 516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-32357-8_85	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 Satou Y., Kim S., Hwang J. W., Orr N. A., Nakamura T., Kondo Y., Gibelin J., Kobayashi N. et al.	4. 巻 238
2. 論文標題 Observation of New Neutron Resonances in $^{17,19}\text{C}$	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Springer Proceedings in Physics	6. 最初と最後の頁 125 ~ 130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-32357-8_22	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 Gibelin J., Leblond S., Marqu?s F.?M., Orr N.?A., Kondo Y., Nakamura T., Kobayashi N. et al.	4. 巻 238
2. 論文標題 Boron Isotopes at the Drip-Line: The ^{19}B Case	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Springer Proceedings in Physics	6. 最初と最後の頁 103 ~ 107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-32357-8_18	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 Monteagudo B., Gibelin J., Marqu?s F. M., Corsi A., Kubota Y., Orr N. A.,	4. 巻 238
2. 論文標題 Structure of Beryllium Isotopes Beyond the Neutron Dripline	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Springer Proceedings in Physics	6. 最初と最後の頁 331 ~ 335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-32357-8_57	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 Kobayashi N., Miki K., Hashimoto T., Iwamoto C., Tamii A., Aoi N., Carpenter M. P., Hatanaka K., Isaak J., Ideguchi E., Morinobu S., Nakamura S., Noji S.	4. 巻 55
2. 論文標題 Excitation and γ -decay coincidence measurements at the GRAF beamline for studies of pygmy and giant dipole resonances	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The European Physical Journal A	6. 最初と最後の頁 231-1 ~ 231-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epja/i2019-12854-7	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 Corsi A., Kubota Y., Casal J., Gomez-Ramos M., Moro A.M., Kobayashi N. et al.	4. 巻 797
2. 論文標題 Structure of ^{13}Be probed via quasi-free scattering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 134843 ~ 134843
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2019.134843	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 Elder R., Iwasaki H., Ash J., Bazin D., Bender P. C., Braunroth T., Brown B. A., Campbell C. M., Crawford H. L., Elman B., Gade A., Grinder M., Kobayashi N., Longfellow B., Macchiavelli A. O., Mijatovi? T., Pereira J., Revel A., Rhodes D., Tostevin J. A., Weisshaar D.	4. 巻 100
2. 論文標題 Intruder dominance in the 02+ state of Mg32 studied with a novel technique for in-flight decays	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 041301 ~ 041301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.100.041301	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 Leblond S., Kobayashi N. et al	4. 巻 121
2. 論文標題 First Observation of B20 and B21	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 262502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.121.262502	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 Loelius C., Kobayashi N., Iwasaki H., Bazin D., Belarge J., Bender P.?C., Brown B.?A., Elder R., Elman B., Gade A., Grinder M., Heil S., Hufnagel A., Longfellow B., Lunderberg E., Mathy M., Otsuka T., Petri M., Syndikus I., Tsunoda N., Weisshaar D., Whitmore K.	4. 巻 121
2. 論文標題 Enhanced Electric Dipole Strength for the Weakly Bound States in Ne27	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 262501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.121.262501	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 Mijatovi? T., Kobayashi N., Iwasaki H., Bazin D., Belarge J., Bender P.?C., Brown B.?A., Dewald A., Elder R., Elman B., Gade A., Grinder M., Haylett T., Heil S., Loelius C., Longfellow B., Lunderberg E., Mathy M., Whitmore K., Weisshaar D.	4. 巻 121
2. 論文標題 Lifetime Measurements and Triple Coexisting Band Structure in S43	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 12501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.121.012501	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 Sullivan C., Kobayashi N. et al.	4. 巻 98
2. 論文標題 The (Li6,Li*6[3.56MeV]) reaction at 100 MeV/u as a probe of Gamow-Teller transition strengths in the inelastic scattering channel	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 15804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.98.015804	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 Wieland O., Kobayashi N. et al.	4. 巻 98
2. 論文標題 Low-lying dipole response in the unstable Ni70 nucleus	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 64313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.98.064313	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 Yasuda J., Kobayashi N. et al.	4. 巻 121
2. 論文標題 Extraction of the Landau-Migdal Parameter from the Gamow-Teller Giant Resonance in Sn132	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 132501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.121.132501	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 Crespi F.C.L., Bracco A., Lanza E.G., Tamii A., Blasi N., Camera F., Wieland O., Kobayashi N.	4. 巻 816
2. 論文標題 The structure of low-lying 1? states in 90,94Zr from (,) and (p,p) reactions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 136210 ~ 136210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2021.136210	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 Yang Z.?H., Kubota Y., Corsi A., Yoshida K., Sun X. X., Li J.?G., Kimura M., Michel N., Ogata K., Yuan C.?X., Yuan Q., Kobayashi N.	4. 巻 126
2. 論文標題 Quasifree Neutron Knockout Reaction Reveals a Small s-Orbital Component in the Borromean Nucleus B17	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 082501 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.126.082501	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 Bassauer S., von Neumann Cosel P., Reinhard P. G., Tamii A., Kobayashi N.	4. 巻 102
2. 論文標題 Electric and magnetic dipole strength in Sn112,114,116,118,120,124	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034327 1~23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.102.034327	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 Bassauer S., von Neumann Cosel P., Reinhard P. G., Tamii A., Kobayashi N.	4. 巻 810
2. 論文標題 Evolution of the dipole polarizability in the stable tin isotope chain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135804 ~ 135804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2020.135804	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 Cook K.?J., Nakamura T., Kondo Y., Hagino K., Ogata K., Saito A.?T., Kobayashi N.	4. 巻 124
2. 論文標題 Halo Structure of the Neutron-Dripline Nucleus B19	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 212503 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.124.212503	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 Heil S., Petri M., Vobig K., Kobayashi N.	4. 巻 809
2. 論文標題 Electromagnetic properties of 210 for benchmarking nuclear Hamiltonians	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135678 ~ 135678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2020.135678	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 Howard K.B., Garg U., Itoh M., Akimune H., Bagchi S., Doi T., Fujikawa Y., Fujiwara M., Furuno T., Harakeh M.N., Hijikata Y., Inaba K., Ishida S., Kalantar-Nayestanaki N., Kawabata T., Kawashima S., Kitamura K., Kobayashi N., Matsuda Y., Nakagawa A., Nakamura S., Nosaka K., Okamoto S., Ota S., Weyhmilller S., Yang Z.	4. 巻 801
2. 論文標題 Compression-mode resonances in the calcium isotopes and implications for the asymmetry term in nuclear incompressibility	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135185 ~ 135185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2019.135185	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 Kubota Y., Corsi A., Kobayashi N.	4. 巻 125
2. 論文標題 Surface Localization of the Dineutron in Li11	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 252501 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.125.252501	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., Aumann T., Tscheuschner J., Litvinova E.?, Tostevin J.?, Kobayashi N.	4. 巻 124
2. 論文標題 Fragmentation of Single-Particle Strength around the Doubly Magic Nucleus ^{132}Sn and the Position of the $0f_{5/2}$ Proton-Hole State in ^{131}In	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 022501 1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevlett.124.022501	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 Zamora J. C., Sullivan C., Zegers R. G. T., Kobayashi N.	4. 巻 101
2. 論文標題 Reexamination of isoscalar giant resonances in C12 and Nb93 through Li6 scattering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 064609 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.101.064609	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 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 N. Kobayashi
2. 発表標題 Study of low-lying E1 excited states of 208 Pb via coincidence measurement of inelastic scattering of 80-MeV protons and gamma decay
3. 学会等名 27th International Nuclear Physics Conference (INPC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林信之
2. 発表標題 CAGRA+GR 実験セットアップを用いた 208Pb の中性子閾値近傍に現れる 1- 状態の研究
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nobuyuki Kobayashi
2. 発表標題 Enhancement of E1 strength in nuclei with the neutron skin and halo
3. 学会等名 6th International Conference on Collective Motion in Nuclei under Extreme Conditions (COMEX6) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nobuyuki Kobayashi
2. 発表標題 CAGRA + Grand Raiden campaign at RCNP
3. 学会等名 Fifth Joint Meeting of the DNP and the JPS (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林信之
2. 発表標題 CAGRA+GR 実験セットアップを用いた 208Pb のピグミー-双極子共鳴の研究
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林信之
2. 発表標題 インクルーシブ分解反応による ³⁷ Mgおよび ²⁹ Ne分光研究
3. 学会等名 日本物理学会若手奨励賞 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Kobayashi
2. 発表標題 Discovery of novel halo nuclei in heavier mass region $A > 30$ by radioactive isotope beams
3. 学会等名 C.N. Yang Award ceremony (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

小林信之, "インクルーシブ分解反応による ^{37}Mg および ^{29}Ne 分光研究", 日本物理学会若手奨励賞 (2020年)
N. Kobayashi, "Discovery of novel halo nuclei in heavier mass region $A > 30$ by radioactive isotope beams", C.N. Yang Award (2020)

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
---------	---------