

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 30 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02891

研究課題名(和文) 超非対称核子系の特異な核構造 - 変形共存の探索とその発現機構の解明

研究課題名(英文) Exotic structure of very neutron-rich nuclei --- Search for shape coexistence and clarifying its mechanism

研究代表者

下田 正 (Shimoda, Tadashi)

大阪大学・その他部局等・名誉教授

研究者番号：70135656

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,400,000円

研究成果の概要(和文)：魔法数付近の中性子数をもつ超非対称核子系の不安定核では、球形を実現しようとする平均場と変形させようとする核子間相関のせめぎ合いの結果として、変形共存という特異な構造が出現することが、我々によって発見された(2017年)。本研究は変形共存現象の系統的研究である。中性子超過剰核では中性子放出閾値が極端に下がるため、中性子を測定することが不可欠である。そのための高性能な中性子検出器系の開発を行い、TRIUMFにおいて ^{33}Al の励起状態から放出される中性子を測定することに成功した(2019年)。その結果、中性子閾値より上の励起状態が初めて明らかとなった。現在、その構造の詳細な解析が進行中である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

中性子の数に極端に多い不安定核(超非対称核子系)は、宇宙における元素合成の過程で重要な役割を果たしているはずだが、それらの核構造はほとんど未知であり、元素合成への寄与を定量的に評価し難い状況にあった。我々のグループは、これらの不安定核を二次ビームとして生成し、そのスピンの向きを偏らせ、ベータ崩壊を詳細に調べるという独自の手法を用いることによって、超非対称核子系では様々な形に変形した状態が励起エネルギーの狭い領域に出現していること(変形共存)を初めて明らかにした。本研究では、それに続く系統的研究を行うための中性子検出器系の開発に成功した。喫緊の課題となっている不安定核の構造が解明される日は近い。

研究成果の概要(英文)：The exotic structures of very neutron-rich nuclei have been attracting much attention. One of the highlights is the discovery of "shape coexistence" in ^{31}Mg by our group in 2017. It was found that the coexistence of various structures is realized as a result of competition between the spherical mean field which favors spherical shapes and the nuclear correlation which favors deformed shapes.

To investigate the shape coexistence in more neutron-rich nuclei, it is essential to detect the beta-delayed neutrons because of less neutron threshold. We have developed a new neutron detector system to investigate the shape coexistence phenomena in wide region of nuclear chart. In fall of 2019 we have successfully performed the beta-decay spectroscopy experiment with the radioactive nuclear beam of ^{33}Mg at TRIUMF. The preliminary results show, for the first time, the excited states in ^{33}Al above the neutron threshold. The detailed analyses are in progress to reveal the exotic structure of ^{33}Al .

研究分野：実験原子核物理学

 キーワード：中性子超過剰核 中性子魔法数20 変形共存 平均場と核子間相関の競争 ベータ・ガンマ・中性子核分光法 ^{31}Al , ^{33}Al 核の構造 不安定核ビーム ^{31}Mg , ^{33}Mg カナダTRIUMF研究所

1. 研究開始当初の背景

安定な原子核に中性子をどんどん付け加えると(あるいは、抜き取ると)、原子核の構造はどのように変化するのだろうか? 近年、陽子数と中性子数が極端に異なる非対称核子系の原子核(高アイソスピン核)を人工的に生成することが可能になり、これらの核の構造が安定核近傍の原子核とはずいぶん異なっていることが明らかになり始めた。しかし、核内有効核力がアイソスピンの変化に伴ってどう変化するのか、多体系を扱う理論的手法はもっと非対称な超非対称核子系にも適用できるのかという、基本的課題への疑問にはまだ答えられていない。これら超非対称核子系の構造と運動の理解は、宇宙における元素合成の道筋を解明するためにも不可欠であり、原子核物理学における主要なテーマの一つとなっている。

これらの不安定核を核反応によって効率的に生成することができるようになった1990年代から数多くの実験が行われ、基底状態のスピン・パリティ、電磁気モーメント、第一励起状態のエネルギー、電磁遷移確率といった基本的物理量が少しずつ蓄積されてきたが、励起状態に関する情報、特にスピンとパリティはほとんどわかっていない。これでは核構造の議論ができない。

スピン・パリティの測定に革新をもたらしたのが、私たちの研究手法である。ベータ崩壊ではパリティが保存されないことに着目する。まず、親核(例えば ^{31}Na)の核スピンを特定の方向に向ける(スピン偏極させる)。これにはレーザー光ポンピング法という原子物理の手法を使う。続いて、 ^{31}Na が放出するベータ線がスピンの向きから見てどのような非等方性を示すのか(パリティ非保存に由来)を測定する。非等方性は娘核(^{31}Mg)の励起状態毎のスピンとパリティに強く依存するので、 ^{31}Mg の各状態のスピン・パリティが測定される。この際、娘核の状態を特定するためにベータ線の非等方性をガンマ線と同時に測定する(偏極核ベータ・ガンマ核分光法)ことが肝要である。

このアイデアを最新の不安定核生成施設であるカナダ TRIUMF に持ち込み、スピン偏極生成システムと核分光測定系の建設を行い、数々の研究成果を得てきた。最も注目されたものが**変形共存**という現象である。中性子の数が極端に多い不安定核では、球形(独立粒子運動)を実現しようとする平均場と変形(集団運動)をもたらそうとする核子・核子間の相関のせめぎ合いが顕著となり、微妙なバランスの結果、狭い励起エネルギー範囲に様々な形をした状態が現れるという**特異な構造を発見した**(図1、Nishibata and Shimoda et al., 2017 文献[1])。

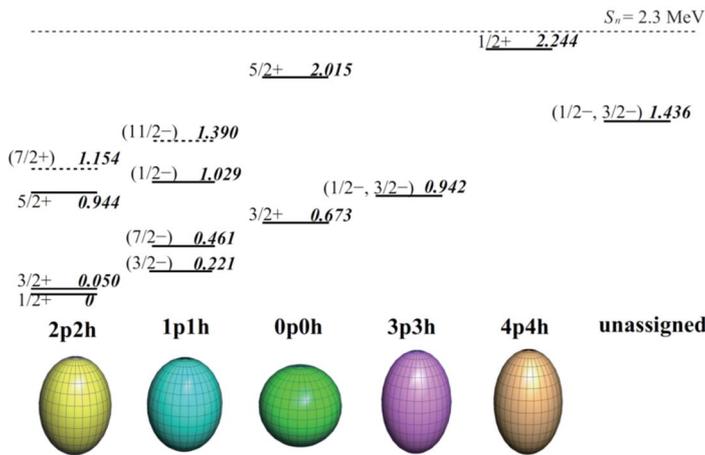


図1 ^{31}Mg 核における変形共存。各状態のスピン・パリティが測定されたおかげでそれぞれの状態の形状がわかった。多数存在する励起状態を原子核の形で分類している。わずか2.3 MeVの範囲に5種類の形が現れている。軽い核で変形共存が発見されたのは初めてのことである。

2. 研究の目的

本研究は、私たちの手法をより中性子過剰な核(超非対称核子系)の研究に適用することを目的としている。そのためには、次の2つの課題を解決しなければならない。

中性子過剰核では中性子放出しきい値エネルギーが極端に下がる(図2に示す ^{31}Mg の例では $S_n=2.3$ MeV。これは安定領域の核での典型的な値8 MeVと対照的に低い)ため、中性子非束縛状態を含めた励起状態の探索が不可欠となる。これにはベータ崩壊後に放出される中性子をエネルギー精度よく測定する必要がある。そのための**中性子検出器の開発**が必要である。

私たちが開発したレーザー核ピン偏極法はアルカリ元素核に限られてきた。**対象核の種類を拡大するための技術を開発する必要がある。**

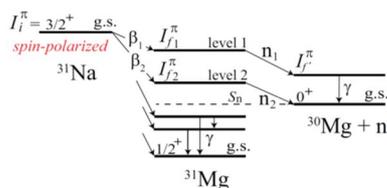


図2 ^{31}Mg 核におけるベータ遅発中性子測定概念

まず については、超非対称核系ではベータ崩壊の Q 値が原子番号の 2 乗で大きくなるため、ベータ崩壊に引き続いて放出される中性子のエネルギーが高い可能性がある。そこで、8 MeV 程度の高エネルギーから 100 keV 程度の低エネルギーの中性子までの広いエネルギー範囲をもつ中性子を測定できる検出器の開発が必要である。 については、第一ステップとしてアルカリ土類核の偏極法の開発を目標に据えた。

3. 研究の方法

(1) 中性子検出器の開発

中性子をエネルギー精度よく測定できる方法を検討した結果、飛行時間法が最適との結論を得た。続いて、中性子を広いエネルギー範囲にわたって飛行時間法で測定することは、単独の検出器では難しいことがわかった。そこで、(i) 800 keV 以上の高エネルギー領域、(ii) 100-800 keV の中エネルギー領域、(iii) 100 keV 以下の低エネルギー領域に特化した中性子検出器を開発し、それらを組み合わせて使用することとした。(i) プラスティックシンチレーター 2 種類 (湾曲型とストレート型) でいずれも両端に光電子増倍管を配置、(ii) 曲率が 700mm で湾曲したプラスチックシンチレーターを片側読み出しするものを飛行距離 0.7m に配置、(iii) ^6Li をドープしたガラスシンチレーター (直径 50mm、厚さ 10mm の円柱状) を 2 インチの光電子増倍管に貼り付けて、飛行距離 130mm に配置。これらを設計・製作し、数種類の光電子増倍管と反射剤・材、光電子増倍管の冷却等、最大の性能が実現できる条件を探した。

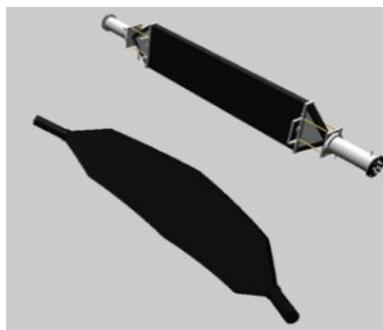


図3 湾曲型(下)とストレート型(上)シンチレーターの外観



図4 中エネルギー領域用のプラスチックシンチレーター検出器の外観

(2) アルカリ土類元素核の光ポンピング法の開発

私たちの偏極生成技術の優れている点は、波長の異なる 2 本のレーザービームを用いて、原子の基底準位 (超微細構造によって分裂) の両方に対して光ポンピングを行い、世界最高の偏極度を達成することにある。さらに、アルカリ原子の吸収線幅がドップラー効果等によって広がっていることに対処するために、光変調器 (EOM) を 2 段に重ねてレーザー光の波長幅を広げていることも、吸収効率の向上に貢献している (図 5、文献 [2])。

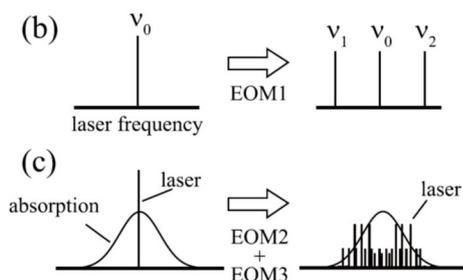


図5 レーザー波長変調の概念。EOM1 で超微細構造に対応する波長分離を行い、EOM2 と EOM3 で吸収幅に合うように周波数変調をかける。

しかし、光ポンピング法をアルカリ土類に拡張する場合には、紫外光レーザーが必要になり市販の EOM では対応できないという困難がある。そこで、図 6 に示すような、金属チューブ中を不安定核ビームを飛行させ、チューブにかけた電圧を交互に増減させてビームの加速・減速を繰り返しつつ、レーザー光を正面衝突させるように照射するという方法を考案した。これによって、イオンビームから見るとドップラー効果によって 2 つのレーザーが照射されたかのように見える。電圧差は超微細構造分岐に対応するように調整する。アルカリ元素ビームの場合には、レーザー光ポンピングに先立って、イオンビームを中性原子ビームとするためにナトリウム蒸気と衝突させる必要があった。このため、吸収波長が広がったが、アルカリ土類元素ビームでは 1 価イオンに対するポンピングを行うため、吸収波長の広がりが少ない (EOM2,3 は不要である) ことに注意されたい。



図6 アルカリ土類元素ビームの超微細構造分岐基底状態2つを、1つのレーザー光で光ポンピングするアイデア。交互に電圧を上げ下げした金属チューブ中に不安定核イオンビームを通し、ドップラーシフトを利用する。

4. 研究成果

(1)中性子検出器の中性子応答や検出効率を調べるために、大阪大学核物理研究センターにおいて、ベータ遅発中性子の測定データがある不安定核 ^{17}N を生成し、中性子を測定した。その結果、高エネルギー中性子用の検出器としては、図2の湾曲型のシンチレーターに増倍率の大きな光電子増倍管を取り付けたものが最も優れた性能であることがわかった。中エネルギー用としては図4のシンチレーターの側面に反射率の高いフィルムを貼ることがベストであることがわかった。また、光電子増倍管の種類には依存性はほとんど見られなかった。片面読み出しであることから中性子のヒット位置依存性が懸念されたが、実験データおよび GEANT シミュレーションの結果はいずれも問題がなかった。低エネルギー用については、 ^{17}N は 380 KeV 以下の中性子は放出されず、十分な調査ができなかった。今後の課題としたい。

(2)偏極生成系については、まずシミュレーションを行い、高偏極が達成できることを確認した。懸案の紫外光レーザーについては、周波数ダブラーを導入することによって、280nm のレーザー光が使えるようになった。こうして、レーザー、加速・減速用の金属チューブ、高圧電源、制御システムの全ての準備が2019年4月までに整った。

(3)以上の準備を受けて、2019年11月13日から18日まで、カナダ国立素粒子原子核研究所 (TRIUMF) において、 ^{31}Mg および ^{33}Mg ビームを用いた実験を行った。このビームで調べられるのは ^{31}Al および ^{33}Al 核の状態である。

図7に示すのは、スピン偏極した Mg 核から放出されるベータ線、中性子線、ガンマ線を同時に測定することによって、娘核である ^{31}Al および ^{33}Al 核の状態の構造を解明するための測定器系である。不安定核ビームは図の左手から真空中を飛行してきて Pt フォイル中で止められる。核スピンはビームに乗って右手方向を向いたものが多い(この状況を偏極という。これまでの実績では、スピン偏極度は30%であった。この数値は、スピン 1/2 の場合、65%が右側を向き、35%が左側を向いていることを意味する)。Pt フォイルには大気中から静磁場 (530mT) がかけられており、核スピンの向きは保持される。

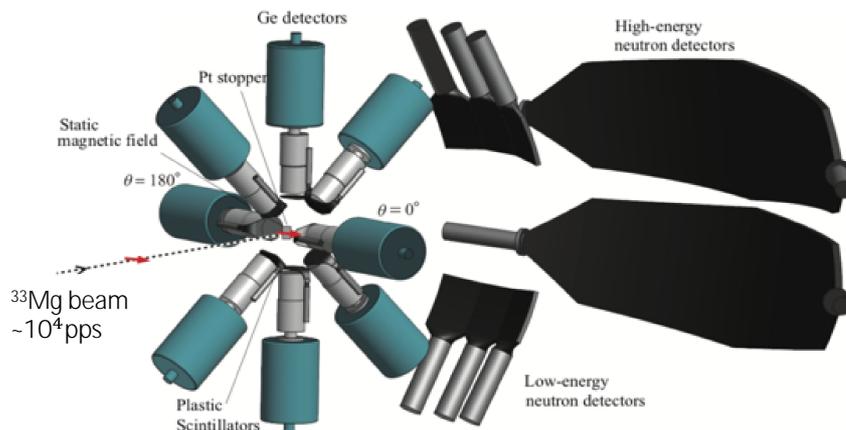


図7 TRIUMF に構築した偏極核ベータ・ガンマ・中性子核分光実験装置

Pt フォイルを取り囲むように Ge 検出器 (青緑色の液体窒素容器がついている) 8台が置かれている。Ge 検出器の前面には薄いプラスチック・シンチレーターが取り付けられており、ガンマ線とベータ線を区別して測定することができる。Pt フォイルの左右に置いた Ge 検出器 ($\theta=0^\circ$ 、 $\theta=180^\circ$ と表記) がベータ線計数の左右非対称度を測定する。ビームから見て下流 (図の右手) に置かれた黒いものが、本研究によって開発した2種類の湾曲型プラスチック・シンチレーター、高エネルギー中性子用2つと、中エネルギー用6つの中性子検出器である。

実験の結果、スピン偏極生成は目論見通り成功したが、大きな問題が発見された。スピン偏極

核イオンビーム Mg^{+} から電子1つをはぎ取って Mg^{++} イオンビームを生成する過程で、スピン偏極が壊されるという問題である。この過程が必要なのは、ビーム輸送の途中で Mg^{+} イオンの原子の磁気モーメントが地磁気を受けて歳差運動を行い、原子核スピンの原子のモーメントに貼り付いて歳差運動を行うため、核スピンの偏極が失われるからである。他方、 Mg^{++} イオンでは電子系は閉殻を形成しており、原子の磁気モーメントはゼロである。残る核磁気モーメントは問題とならない大きさである。 Mg^{++} を作るために電子をはぎ取るが、それには低温(20K)にしたヘリウムガスとの衝突を用いる。これまで、アルカリ元素ビームでは、この過程での核スピンの減偏極は問題にならなかった。アルカリ土類元素では核スピン偏極が壊されてしまうのは、イオン化ポテンシャルの深さが関係しているのかも知れない。解決策としては、ビームの輸送経路に地磁気を打ち消す巨大なコイルを設置し、 Mg^{+} イオンのままで輸送することである。今回の実験中にそれを行うことは不可能なので、 Mg^{++} イオンビーム強度の低下を承知の上でヘリウムガスの圧力を下げ、偏極度を向上させた。偏極度の2乗とビーム強度の掛け算が測定精度を決めるので、この値が最大となることを狙った。

(4) 十分なビーム強度が期待される ^{31}Mg については、何とか偏極度 2.7% を達成し、予定通りの測定を行った。この偏極度はこれまでの実績の 10 分の 1 以下である(文献[2])が、大きなビーム強度のおかげで、 ^{31}Al 核のつ 8 の励起状態のスピン・パリティを世界に先駆けて確定するという成果をあげることができた。さらに、未知の励起状態が多数存在することを明らかにすることができた。現在、これらのデータをもとに ^{31}Al 核の核構造の解明が進行中である。

(5) ^{33}Mg 核ビームの強度は 1 桁以上小さい。これでは、限られた時間内に意味のあるデータを取得するのは不可能と判断して、無偏極の $^{33}Mg^{+}$ ビームを用いた実験を行った。こうすれば偏極装置を通す場合に比べて 4 倍のビーム強度が得られる。無偏極では ^{33}Al 核のスピン・パリティの確定はできないが、 ^{33}Al 核にどのような励起状態が存在するのか、特に中性子放出しきい値より上にどんな状態が存在するのかというデータは取得できる。その結果、図 8 に示すような中性子飛行時間スペクトルを得ることができた。左側の図が中エネルギー用中性子検出器によるもの、右側が高エネルギー用のものである。横軸は中性子の飛行時間 (ns) を示していて、右に行くほど中性子のエネルギーが低い。たくさんのピークが見えるが、ピークに添付した数字が中性子のエネルギー (MeV 単位) である。これを重心系のエネルギーに変換して、中性子放出しきい値 5.510 MeV を足せば ^{33}Al 核の励起エネルギーが得られる。 ^{33}Al 核では、中性子しきい値以上に多数の励起状態が存在することが初めて明らかとなったのである。ピークがすそ野を持っているのは、放出の寿命(核構造を反映)と回りの物質による散乱の効果が重ね合わさったからである。今後詳細な解析を行って、物理量を引き出し、 ^{33}Al 核の構造の解明へと研究を進める。

(6) ところで、スピン・パリティを確定したうえで中性子を測定するというのは、新しい核分光学へと発展する可能性を指摘しておきたい。中性子放出しきい値より上の励起状態を確定してベータ崩壊強度を測定すれば、親核(この例では ^{33}Mg)の波動関数と娘核(^{33}Al)の励起状態の波動関数のオーバーラップがわかる。さらに、スピン・パリティを確定して中性子スペクトルを測定することによって、中性子スペクトロスコピック・ファクターという物理量が得られる。これは娘核(^{33}Al)と孫核(^{32}Al) + 中性子と言う系の波動関数のオーバーラップがわかる。中性子が非常に多い原子核では、一つの励起状態に様々な構造の混じり(波動関数の重ね合わせ)があり得ると予測されているが、中性子も測定するという本研究の手法を使えば、親核から見た混じりと孫核から見た混じりという、双方向からの解明ができ、波動関数の詳細な情報を得ることができる。娘核の状態のスピン・パリティが測定されるからこそ可能となるのである。新たな核分光学の端緒と言えよう。

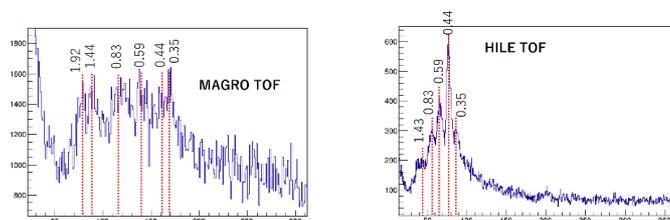


図 8 ^{33}Mg 核がベータ崩壊してできる ^{33}Al 核の励起状態から放出される中性子の飛行時間 (ns) スペクトル(解析途中のもののため、将来細かな点で変更がある可能性あり)。左は中エネルギー用検出器、右は高エネルギー用検出器で測定したもの。ピークは ^{33}Al 核の励

< 引用文献 >

- [1] H. Nishibata, T. Shimoda, A. Odahara, S. Morimoto, S. Kanaya, A. Yagi, H. Kanaoka, M.R. Pearson, C.D.P. Levy, and M. Kimura, "Shape coexistence in the $N = 19$ neutron-rich nucleus ^{31}Mg explored by β - γ spectroscopy of spin-polarized ^{31}Na ", Physics Letters B, **767**, 2017, 81-85.
- [2] H. Nishibata, S. Kanaya, T. Shimoda, A. Odahara, S. Morimoto, A. Yagi, H. Kanaoka, M.R. Pearson, C.D.P. Levy, M. Kimura, N. Tsunoda, and T. Otsuka, "Structure of ^{31}Mg : Shape coexistence revealed by β - γ spectroscopy with spin-polarized ^{31}Na ", Physical Review C, **99**, 2019, 024322-1-19.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 H. Nishibata, T. Shimoda, A. Odahara, S. Morimoto, S. Kanaya, A. Yagi, H. Kanaoka, M.R. Pearson, C.D.P. Levy, and M. Kimura	4. 巻 767
2. 論文標題 Shape coexistence in the N = 19 neutron-rich nucleus ^{31}Mg explored by beta-gamma spectroscopy of spin-polarized ^{31}Na	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 81-85
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2017.01.049	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. Nishibata, T. Shimoda, A. Odahara, S. Morimoto, S. Kanaya, A. Yagi, H. Kanaoka, M.R. Pearson, C.D.P. Levy, and M. Kimura	4. 巻 50
2. 論文標題 Shape coexistence in the N=19 neutron-rich nucleus ^{31}Mg explored by - spectroscopy of spinpolarized ^{31}Na	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 RIKEN Accel. Prog. Rep.	6. 最初と最後の頁 82-82
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 西畑洸希	4. 巻 63
2. 論文標題 スピン偏極したNa原子核のベータ崩壊を用いた中性子過剰Mg同位体の特異な核構造の研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 原子核研究	6. 最初と最後の頁 35-44
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 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 H. Nishibata, S. Kanaya, T. Shimoda, A. Odahara, S. Morimoto, A. Yagi, H. Kanaoka, M. R. Pearson, C.D.P. Levy, M. Kimura, N. Tsunoda, and T. Otsuka	4. 巻 99
2. 論文標題 Structure of ^{31}Mg : Shape coexistence revealed by beta-gamma spectroscopy with spin-polarized ^{31}Na	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 024322-1-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1103/PhysRevC.99.024322	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. Hagino, H. Sagawa, S. Kanaya, and A. Odahara	4. 巻 2020
2. 論文標題 Resonance width for a particle-core coupling model with a square-well potential	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 023D01-1 ~ 19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1093/ptep/ptz163	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10件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 H. Nishibata, T. Shimoda, A. Odahara, S. Morimoto, S. Kanaya, A. Yagi, H. Kanaoka, M.R. Pearson, C.D.P. Levy, and M. Kimura
2. 発表標題 Shape coexistence in neutron-rich ^{31}Mg investigated by beta-gamma spectroscopy of spin-polarized ^{31}Na
3. 学会等名 The third International Conference on Advances in Radioactive Isotope Science (ARIS2017), May 28- June 2 (2017) Colorado, USA (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Kanaya, T. Shimoda, A. Odahara, H. Nishibata, S. Morimoto, A. Yagi, H. Kanaoka, T. Kawamura, M. Pearson, and C.D.P. Levy
2. 発表標題 Spectroscopy of neutron unbound states in ^{31}Mg and shape coexistence in low excitation energy region
3. 学会等名 Ito International Research Center (IIRC) Symposium 'Perspectives of the Physics of Nuclear Structure', July 1-4 (2017) Tokyo, Japan (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 金谷晋之介, 下田正, 小田原厚子, 西畑洗希, 森本翔太, 八木彩祐未, 金岡裕志, 河村嵩之, M. Pearson, C.D.P. Levy
2. 発表標題 中性子過剰核 ^{31}Mg の中性子非束縛状態における変形共存探索
3. 学会等名 日本物理学会 秋季大会、宇都宮大学、2017年9月
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 H. Nishibata, T. Shimoda, A. Odahara, S. Morimoto, S. Kanaya, A. Yagi, H. Kanaoka, M.R. Pearson, C.D.P. Levy, and M. Kimura
2 . 発表標題 Shape coexistence in ^{31}Mg revealed by beta-gamma and n-gamma spectroscopy with spin-polarized ^{31}Na
3 . 学会等名 The IX International Symposium on Exotic Nuclei, EXON2018, Petrozavodsk, Russia, Sep. 10-15, 2018 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Nishibata, T. Shimoda, A. Odahara, S. Morimoto, S. Kanaya, A. Yagi, H. Kanaoka, M.R. Pearson, C.D.P. Levy, M. Kimura, N. Tsunoda, and T. Otsuka
2 . 発表標題 Structure of neutron-rich ^{31}Mg by beta-decay spectroscopy of spin-polarized ^{31}Na
3 . 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan Waikoloa, Hawaii, USA, Oct. 23-27, 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 A. Odahara
2 . 発表標題 Study of shape coexistence and shape evolution by using RI beam induced fusion reaction combined with CAGRA
3 . 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (HAW2018), Hawaii, USA, Oct. 23-27, 2018 (招待講演)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 西畑 洸希
2 . 発表標題 偏極Naビームで探る中性子過剰原子核 ^{30}Mg , ^{31}Mg の多様な原子核構造
3 . 学会等名 日本物理学会、九州大学、2019年3月 (招待講演)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 瀧野友哉, 西畑洸希, 小田原厚子, 下田正, 前島大樹, 大上能弘, 大谷優里花, 飯村俊, 金谷 晋之介, 畠山温, 浅川寛太, 関口直太, 平山賀一, 若狭智嗣, C.D.P. Levy, M.R. Pearson, J. Lassen, R. Li
2. 発表標題 スピン偏極Mgビームを用いた中性子過剰Alの構造研究
3. 学会等名 日本物理学会 九州支部例会, 佐賀大学, 2019年 11月
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Hamano, H. Nishibata, T. Wakasa, A. Odahara, T. Shimoda, D. Maejima, Y. Okami, Y. Otani, S. Imura, S. Kanaya, A. Hatakeyama, K. Asakawa, N. Sekiguchi, Y. Hirayama, C.D.P. Levy, M.R. Pearson, J. Lassen, R. Li
2. 発表標題 Structure of neutron-rich Al investigated by spin-polarized Mg
3. 学会等名 International symposium on Clustering as a Window on the Hierarchical Structure of Quantum Systems (CLUSHIQ2020), Beppu, Jan. 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西畑洸希, 浜野友哉, 小田原厚子, 下田正, 前島大樹, 大上能弘, 大谷優里花, 金谷晋之介, 飯村俊, 関口直太, 浅川寛太, 畠山温, 平山賀一, 若狭智嗣, C.D.P. Levy, M.R. Pearson, J. Lassen, R. Li
2. 発表標題 スピン偏極Mgのベータ崩壊を用いた中性子過剰なAl同位体の構造研究
3. 学会等名 日本物理学会, 名古屋大学, 2020年 3月
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>大阪大学大学院理学研究科物理学専攻原子核構造グループホームページ http://adam.phys.sci.osaka-u.ac.jp/</p> <p>西畑洸希2017年度原子核談話会新人賞受賞 博士論文(大阪大学) "Variety of nuclear structures in neutron-rich nuclei ^{30}Mg and ^{31}Mg investigated by spin-polarized Na beams"</p>
--

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	小田原 厚子 (ODAHARA Atsuko) (30264013)	大阪大学・理学研究科・准教授 (14401)	
連携 研究者	西畑 洸希 (NISHIBATA Hiroki) (00782004)	国立研究開発法人理化学研究所・仁科加速器研究センター・ 訪問研究員(学振特別研究員) (82401)	現在の所属：九州大学・大学院理学研究院・助教
連携 研究者	平山 賀一 (HIRAYAMA Yoshikazu) (30391733)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子 原子核研究所・講師 (82118)	
連携 研究者	宮武 宇也 (MIYATAKE Hiroari) (50190799)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子 原子核研究所・教授 (82118)	