

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：14401

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2018～2022

課題番号：18KK0084

研究課題名（和文）中性子超過剰核の構造～最新技術を統合して探る新奇な核構造

研究課題名（英文）Nuclear Structure of neutron-rich nuclei - Exotic nuclear structure investigated by integration of new experimental techniques

研究代表者

小田原 厚子 (Odahara, Atsuko)

大阪大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：30264013

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：中性子が非常に多い原子核の構造を精密に研究するため、スピン偏極核の崩壊の非等方性を利用した我々独自の手法を用い、高偏極度のスピン偏極ビームを供給可能なカナダのTRIUMFで国際共同研究を実施している。本研究では、スピン偏極Mg-31核の崩壊よりAl-31核の原子核構造を明らかにした。また、スピン偏極なしのMg-33核の崩壊よりAl-33核の原子核構造を解明するための実験を行った。さらに、高偏極度のスピン偏極ビーム生成を広い質量領域の核種へ拡大するために、アルカリ土類金属元素や、毎秒100個程度の低ビーム強度のアルカリ金属元素の原子核のビーム開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

身の回りの安定な原子核より中性子が非常に多いエキゾチックな原子核で、従来の原子核模型では理解できない不思議な構造が見つかりつつある。この質量領域の原子核は宇宙での重い元素の合成過程の通り道にあたり、原子核構造の情報は非常に重要であるが、詳細な実験データはまだ少ない。本研究では、中性子過剰なAl-31核の原子核構造の解明より、原子核物理学の模型へ新たな知見を与える情報を提供することができた。また、生命科学などの他分野でも重要である高偏極度のスピン偏極核の核種を拡大するためのスピン偏極ビーム開発も行った。

研究成果の概要（英文）：Nuclear structure of exotic neutron-rich nuclei has been studying by our original method to determine spin-parity of excited states in daughter nucleus from the measurement of the asymmetry of beta-ray distribution emitted after the beta decay of spin-polarized nucleus due to parity non-conservation. Experiments have been performed at TRIUMF, one of facilities which can provide the highest spin-polarized beam. We have investigated the nuclear structure of Al-31 by the beta decay of spin-polarized Mg-31. Also, nuclear structure of Al-33 has been studied by the beta decay of Mg-33 with no spin polarization. To expand nuclei in wider mass region where we can provide the polarized beam, we have tried to develop spin-polarized beam for alkali-earth-metal atom and for alkali-metal atom with low intensity of around 100 ions per second.

研究分野：原子核物理学

キーワード：中性子過剰核 原子核構造 レーザー分光法 -n- 核分光法 スピン偏極ビーム

1. 研究開始当初の背景

原子核は陽子と中性子（核子と総称）から構成されるフェルミオン多体系であり、量子力学に支配されている。その原子核の内部で核子がどのように運動し、また、原子核全体でどのような形状をしてどのように運動しているのか、という基本的描像は、図1の黒い四角で示す安定核（243種）、及び、その近くの不安定な原子核を調べることで確立してきた。その後の加速器技術と測定器技術の飛躍的な発展により、安定核から遠く離れた領域にある不安定核（図1のオレンジ色の領域で、陽子数と中性子数の比が安定核とは大きく異なる原子核）の研究を可能とし、これまでの原子核模型では理解できない不思議な構造が見つかりつつある（例えば、極端に中性子が多い原子核における中性子ハロー、中性子スキン、魔法数の消失など）。これらは、陽子数と中性子数の比の変化に伴って核子間相互作用や平均場が変化し、様々な集団運動が発現することを示している。安定核領域から離れれば離れるほど新奇な核構造が見えつつあるが、これまでに核構造が詳細に調べられたものは、存在が確認された3000種程度の原子核のうち、比較的安定核に近いものに限られている。図1の安定核（黒色）から遠く離れたオレンジ色領域内の不安定核の多くは、質量と半減期が測定された段階にとどまっている。広大な面積を占める黄色の領域にある不安定核は、存在すると予測されてはいるもののまだ生成できていない。図の安定核（黒色）領域から右側の中性子過剰核（特にオレンジ色と黄色の境界付近、および、さらに右の黄色領域）は、宇宙での元素合成過程（継続する中性子捕獲とβ崩壊を繰り返しながら重い原子核が生成されるとするr過程）の通り道であると考えられているが、それらの原子核構造の多くは未知であり、従来の原子核の模型計算に基づいた情報を用いた元素合成過程シミュレーションを余儀なくされている。Auなどの重い元素が生成された現場と考えられている中性子星同士との衝突が最近の重力波観測で明らかとなった今こそ、新たな実験手法を開発して、測定限界を右側に拡張し、精密な原子核構造の系統的研究を推し進めることが強く求められている。

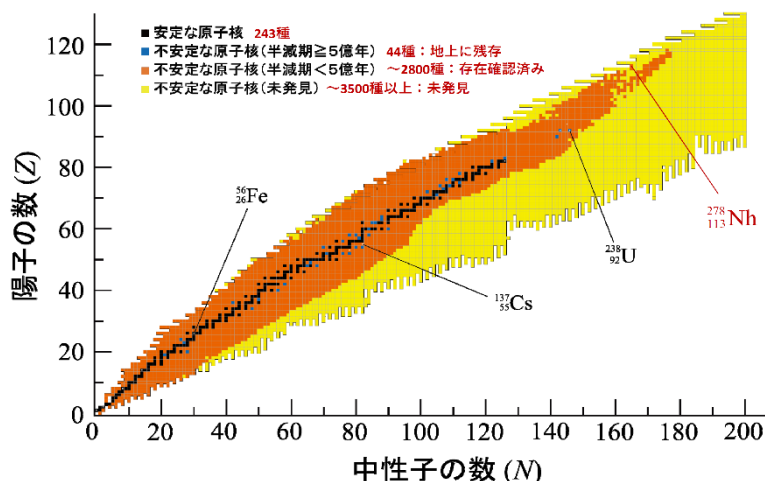


図1 核図表（横軸：中性子数、縦軸：陽子数、小さな四角で原子核の種類を表したもの）

2. 研究の目的

本研究は、原子核構造の精密研究の限界を押し広げるために我々独自のスピン偏極核のβ崩壊を用いた原子核分光の手法により中性子が非常に多い不安定核の構造を研究し、また、そのための国際共同研究基盤を構築することが目的である。

現在、特に中性子の魔法数20が消失し、原子核の形が球形ではなく変形している「逆転の島」近傍のMgやAl中性子過剰核を系統的に研究している。中性子数の増加がどのようにして魔法数の消失や原子核の形の変化を引き起こすのか、さらに、一つの原子核内の狭い励起エネルギー領域に様々な原子核の形や運動（回転・振動など）状態が出現する変形共存現象がどのようにして生じるのかを解明しようとしている。本研究では特に、中性子過剰な³¹Mg核と³³Mg核のβ崩壊より³¹Al核と³³Al核の構造解明を目的とした。

我々日本グループ独自の手法であるスピン偏極核のβ崩壊実験のためには、十分な数の中性子過剰核の生成や高偏極度のスピン偏極ビームが不可欠であり、世界的にそれが最も可能なカナダのTRIUMFで国際共同研究を行っている。これまではアルカリ金属元素であるLiやNaのスピン偏極ビームを用いた研究を行ってきたが、より広い質量領域の原子核のスピン偏極ビーム生成をTRIUMFと共同で進めている。本研究では、まずアルカリ土類金属元素であるMgの高偏極度のスピン偏極ビームの開発を目的とした。また、高偏極度を得るためには、超微細構造の情報が必要であるが、生成が困難な中性子過剰核原子ではまだまだ測定が行われていない。この測定限界を打破するため、本研究ではビーム量100個程度のアルカリ金属元素の中性子過剰核原子の高感度レーザー分光法の開発も目的とした。

3. 研究の方法

測定限界の拡張のため、この基盤のもとで、次の最新技術を統合して研究を行っている。

- ① 不安定核のスピンを偏極させ、パリティ非保存によりそのβ崩壊の際に放出されるβ線は図2のように空間的に非対称分布となる。この非対称度を測定し、また、β崩壊に引き続いて放出される中性子やγ線と同時計測を行うことで、原子核構造の詳細な情報が得られるという我々独自の手法（スピン偏極核 β-n-γ 核分光法）
 - ② 2種類の異なる波長のレーザーを用いて光ポンピングすることで可能となる高偏極度のスピン偏極ビームの生成手法
 - ③ 生成量が非常に少ない不安定核のスピンを偏極させるために必要な原子構造を探索するレーザー分光法
- 以下にそれぞれの手法を簡単に説明する。

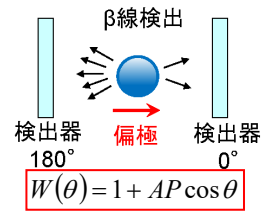


図2 β線放出の非等方性

(1) スピン偏極核 β-n-γ 核分光法

β線とγ線はゲルマニウム (Ge) 検出器+プラスチックシンチレータのテレスコープ (β-γ システム) で、中性子はプラスチックシンチレータで測定する。このβ-n-γ検出器システムの概念図を図3に示す。Ge検出器の前にプラスチックシンチレータを設置することで、プラスチックシンチレータが検出する(しない)でβ線(γ線)を区別し、一つの検出器システムでβ線とγ線のエネルギーを測定可能である。中性子はエネルギーを精度良く測定するために、TOF法(飛行時間法)を用いて測定する。また、10 keV から数 MeV にわたる広いエネルギー範囲の中性子を高い効率で測定するため、2種類の検出器を使用する。

親核がスピン偏極している場合、放出されるベータ線は図2のような非等方な角度分布(θは偏極方向とβ線のなす角度、Pは親核の偏極度、Aは非対称度パラメーター)となる。Aは親核の基底状態のスピンの許容転移で遷移可能な3つのスピンの娘核の状態ごとに大きく異なる値を持つ。つまり、Aを実験的に得られれば、娘核^AAlの励起状態のスピンのパリティを高精度で求めることができる。β線とγ線を同時計測することで^AAlの束縛状態を、さらに中性子と同時計測することで中性子非束縛状態まで含んだ精密な崩壊様式を構築可能となる。

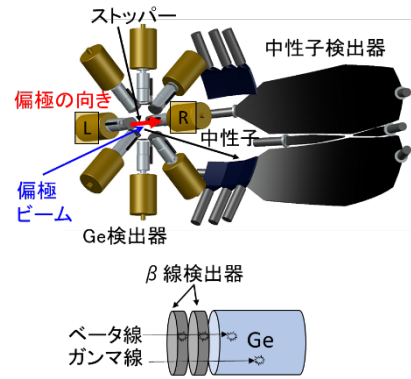


図3 偏極核 β-n-γ システム (上)、個々のβ-γシステムの検出器構成(下)

(2) 高スピン偏極ビームの生成手法

飛行中のアルカリ金属元素の不安定核原子ビームの原子スピンをレーザー光ポンピング法によって偏極させ、超微細構造相互作用を用いて原子核のスピンの偏極を生成する。図4に³¹Naの例を示す。2つに分裂した原子基底状態(超微細構造)の両方を波長の異なるレーザー光でポンピングすることによって偏極度を飛躍的に高める手法を用いる。

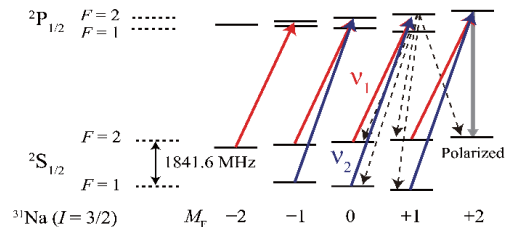


図4 高偏極レーザー光ポンピング法の原理

以前は電気光学変調器(EOM)を用いて2種類の波長のレーザー光に分裂させていたが、今回より2種類の電圧をかける電極を偏極ビームラインに設置し(図5)、ドップラー効果を利用してレーザーの波長は固定であるが、異なる2種類の波長で光ポンピングさせる画期的な手法を用いた。

(3) 低ビーム強度のアルカリ金属元素のレーザー分光法

少ないビーム量でレーザー分光を用うと、大量の散乱レーザー光が問題となる。そこで、ビームと同期した蛍光を測定し、また、ドップラー効果によるレーザー光の吸収波長と放出される蛍光の波長のわずかな違いを利用してバックグラウンド光を除去する。さらに、光ではなくβ崩壊の際に放出されるβ線の非対称度を測定し、超高感度測定を行う。

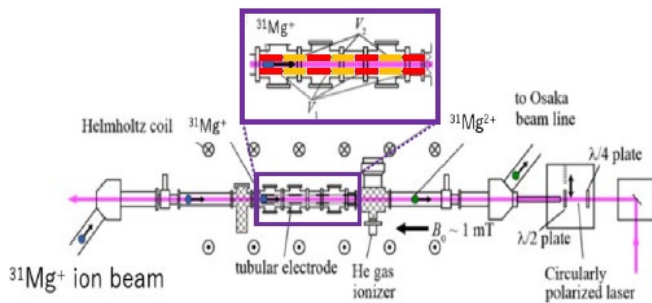


図5 偏極ビームライン。拡大図の赤と橙色の線が電極であり、交互に異なる電圧を印加する。

少ないビーム量でレーザー分光を用うと、大量の散乱レーザー光が問題となる。そこで、ビームと同期した蛍光を測定し、また、ドップラー効果によるレーザー光の吸収波長と放出される蛍光の波長のわずかな違いを利用してバックグラウンド光を除去する。さらに、光ではなくβ崩壊の際に放出されるβ線の非対称度を測定し、超高感度測定を行う。

4. 研究成果

(1) 中性子過剰な ^{31}Mg 核と ^{33}Mg 核の β 崩壊による ^{31}Al 核と ^{33}Al 核の原子核構造の研究

安定核よりも中性子が非常に多く、中性子数が魔法数 20 周辺の Ne, Na, Mg 核の質量領域は「逆転の島」と呼ばれ、魔法数の性質が消失し、原子核の基底状態の形は変形していることが 1970 年代に発見されてから、様々な実験や理論のグループによって研究が行われてきた。我々のグループでは以前に、この逆転の島の中性子数側の境界にあたる ^{30}Mg 核の原子核構造を調べるためにスピン偏極 ^{30}Na 核の β 崩壊実験を行った。その結果、図 6 に示すように、狭い励起エネルギー領域に原子核の形が球形やレモン型など様々に変形し、また、回転や振動の運動状態が観測された。そこで、次に、逆転の島の陽子数側の境界に位置する ^{31}Al 核と ^{33}Al 核の原子核構造を解明するため、スピン偏極 ^{31}Mg 核と偏極していない ^{33}Mg 核の β 崩壊実験を行った。その結果、 ^{31}Mg 核から ^{31}Al 核への β 崩壊様式を構築し、 ^{31}Al 核の γ 線を 36 本、エネルギー準位を 8 本発見し、7 本のエネルギー準位のスピン・パリティを新たに確定することができた。得られた準位構造を大規模殻模型計算と比較することで、基底状態では ^{31}Al 核の形は球形だが、励起状態ではレモン型の変形や振動を引き起こす状態が大きく混じっている配位混合状態にあり、 ^{30}Mg 核と同様に変形共存の描像を示すことが明らかになった。国際会議や日本物理学会で発表し、現在、投稿論文を執筆中である。

さらに、 ^{33}Mg 核から ^{33}Al 核への β 崩壊実験を実施した。スピン偏極 ^{33}Mg ビームを用いる予定であったが、通常 TRIUMF では数十%の高偏極度のスピン偏極ビームを生成可能であるのに、今回の ^{31}Mg 核では約 2%の偏極度しか得られなかったためである。偏極なしの β 崩壊であったため、スピン・パリティを確定することはできなかったが、 ^{33}Mg 核から ^{33}Al 核への β 崩壊様式を構築し、 ^{33}Al 核の γ 線を 95 本、エネルギー準位を 23 本発見することができた。その結果は日本物理学会などで発表した。

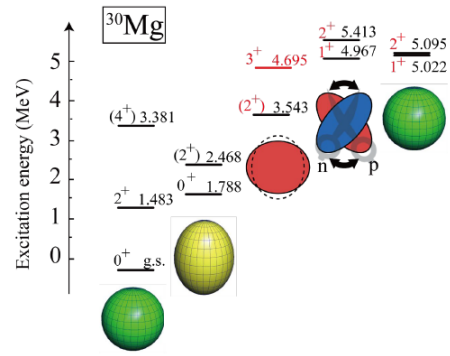


図 6 ^{30}Mg 核で出現した変形共存の現象

(2) 高偏極度のスピン偏極ビーム開発

① アルカリ土類金属元素の高偏極度スピン偏極ビーム開発

研究成果 (1) で生成されたスピン偏極 ^{31}Mg ビームの偏極度はわずか約 2%程度であり、これまでのような数十%の高偏極度のスピン偏極ビームを得ることができなかった。これは、アルカリ土類金属元素をスピン偏極する際、1 価の Mg イオンをレーザー光ポンピング法により偏極させ、輸送する際に環境磁場による偏極緩和を防ぐために He ガスと衝突させて 2 価のイオンとしたことが問題だったことが明らかになった。これを防ぐためには、1 価の Mg イオンとして輸送しなければならない。そこで、環境磁場を防ぐために低磁場を発生させるコイルを大阪ビームラインに設置した。図 7 に赤と黄色の線で大阪ビームラインに設置したコイルを示している。これは TRIUMF のスピン偏極ビーム開発のプロジェクトの一つとして実施された。

この時に問題となったのは、大阪ビームラインに設置する検出器システムのある永久磁石で発生する高磁場であった。この永久磁石の高磁場は、その中心にある捕獲膜に埋め込まれる Mg のスピン偏極緩和を防ぐために必要不可欠である。これまで使用していた磁石では高磁場とビームラインの低磁場をなめらかにつなぐことができないことがわかり、新たに高磁場発生用の磁石の設計と製作を日本グループで行った。図 8 (a) は製作した永久磁石の写真であり、図 8 (b)はこの磁石の高磁場とビームラインの低磁場をつないだ際の磁場分布の計算値である。ゼロ点でクロスすることなく、なめらかに高磁場と低磁場がつながる計算結果が得られた。この磁石を実際に製作した日本企業の技術力の高さは TRIUMF で高い評価を受けた。Mg のスピン偏極ビームは、原子核物理学だけではなく、生命科学や物質科学の分野でも必要とされており、このシステムをさらに拡張し、TRIUMF では新たなビームラインの追加設置の構想も進んでいる。

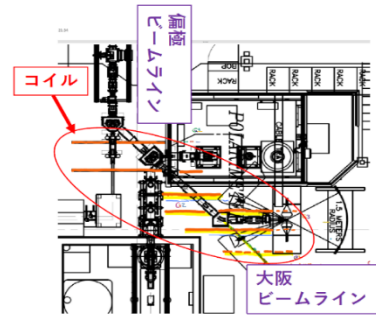


図 7 TRIUMF の大阪ビームラインに設置したコイル

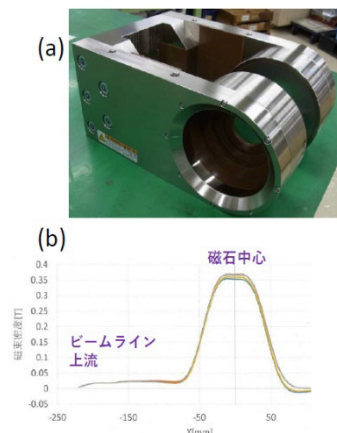


図 8 新たに設計・製作した磁石

② 毎秒 100 個程度のビームのための安定核 ^{23}Na ビームを用いたレーザー分光法の開発

Na 原子は 40 keV のビームエネルギーの 1 価のイオンとして偏極ビームラインに輸送され、

Rb ガスセルを通過させて中性化し、前方からレーザーを照射する。0 から -1 kV までの Rb セルに印加される電圧変化に伴って Na イオンの速度は変化し、レーザーの波長は固定であるが、ドップラー効果によって入射光の波長を変化させる。つまり、電圧を変化させながら Na イオンから放出される蛍光を測定して共鳴ピークを探す。中性 Na 原子ビームはさらに下流の He ガスセルを通過して再びイオン化し、ディフレクターによって大阪ビームラインの方向に曲げられ、ディフレクター後方に設置されたチャンネルトロンで検出される。

毎秒 100 個程度という非常にビーム量の少ない不安定核原子の超微細構造を測定するには、高感度、かつ、低バックグラウンド測定を行わなくてはならないため、図 9 に示すような高感度光検出器システムを使用する。これは、蛍光を球面ミラーからレンズを通して光電子増倍管まで最大の集光率が得られるように日本グループで設計・製作した。さらに、TRIUMF の蛍光モニターも組み合わせ、さらに感度を向上させる。今回のレーザー分光法の特徴として、ドップラーシフトによる 1 nm の波長の違いを利用し (590 nm レーザー光を Na イオンに照射、589 nm 脱励起光検出)、チャンネルトロンで検出された Na イオンと同時に計測してさらにバックグラウンド光を減らすことである。

TRIUMF のスピン偏極ビームのプロジェクトでは、レーザー供給システムの強化や偏極ビームラインの改良も行われた。より様々な種類の検出器が設置可能なように自由度の大きい新たなチェンバーが設置された。そのため、新チェンバーに設置できるよう、アダプタの設計・製作、アラインメントも実施した。実験準備は完了したので、今後、実際にビーム実験を行う。

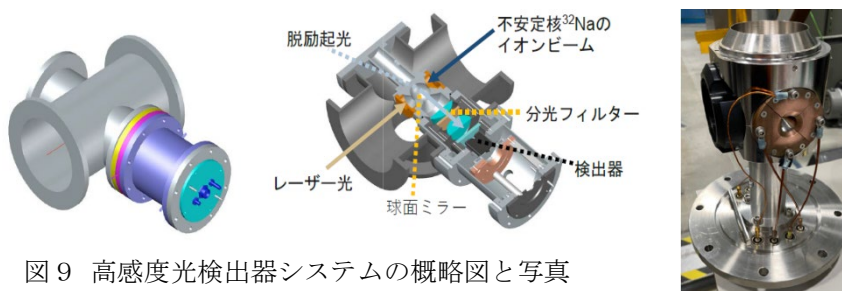


図 9 高感度光検出器システムの概略図と写真

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 H. Nishibata, K. Tajiri, T. Shimoda, A. Odahara, S. Morimoto, S. Kanaya, A. Yagi, H. Kanaoka, M.R. Pearson, C.D.P. Levy, M. Kimura, N. Tsunoda, T. Otsuka	4. 巻 102
2. 論文標題 Structure of the neutron-rich nucleus ^{30}Mg	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. C	6. 最初と最後の頁 054327 - 1 - 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.102.054327	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, 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 Prog. Theor. Exp. Phys.	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) 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 -
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, T. Otsuka	4. 巻 99
2. 論文標題 Structure of ^{31}Mg : Shape coexistence revealed by γ -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) 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 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 核物理懇談会	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 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 小田原厚子, 西畑洸希, 下田正, 前島大樹, 浜野友哉, 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, C.D.P. Levy, M.R. Pearson, J. Lassen, R. Li
2. 発表標題 スピン偏極 ^{31}Mg ビームを用いた ^{31}Al の構造研究
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会、オンライン 2022年3月15日から19日
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大上能弘, 小田原厚子, 西畑洸希, 下田正, 大谷優里花, 飯村俊, Nurhafiza M. Nor, 前島大樹, 金谷晋之介, 浜野友哉, 関口直太, 浅川寛太, C.D.P. Levy, M.R. Pearson, J. Lassen, R. Li
2. 発表標題 ^{33}Mg の崩壊による中性子過剰核 ^{33}Al の束縛状態と中性子非束縛状態の研究
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会、オンライン 2022年3月15日から19日
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Coexistence of various structures in a narrow excitation energy region in neutron-rich Mg nuclei H. Nishibata, A. Odahara, T. Shimoda, J. Lassen, C.D.P. Levy, R. Li, M.R. Pearson
2. 発表標題 Coexistence of various structures in a narrow excitation energy region in neutron-rich Mg nuclei
3. 学会等名 poster session in TRIUMF Advisory Committee on TRIUMF (ACOT), Apr 23 (2021), Vancouver, Canada (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前島大樹, 小田原厚子, 西畑洸希, 下田正, 大上能弘, 飯村俊, 金谷晋之介, 大谷優里花, 浜野勇哉, 関口直太, 浅川寛太, C.D.P. Levy, M.R. Pearson, J. Lassen, R. Li
2. 発表標題 スピン偏極 ^{31}Mg ビームを用いた ^{31}Al 核の構造研究
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大上能弘、小田原厚子、西畑洸希、下田正、大谷優里花、前島大樹、金谷晋之介、飯村俊、吉岡篤志、浜野勇哉、関口直太、浅川寛太、C.D.P. Levy、M.R. Pearson、J. Lassen、R. Li
2. 発表標題 33Mgの遅発中性子崩壊による中性子過剰核33Alの中性子非束縛状態の研究
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉岡篤志、小田原厚子、飯村俊、大上能弘、前島大樹、Nurhafiza M. Nor
2. 発表標題 中性子過剰核の構造解明のための新たな遅発中性子検出器開発
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 濱野友哉、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. Iimura, 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 the 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,、第75回年次大会、名古屋大学、 2020年 3月
4. 発表年 2020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 30Mg, 31Mgの多様な原子核構造
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会 九州大学 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Nishibata, S. Kanaya, T. Shimoda, A. Odahara, S. Morimoto, A. Yagi, H. Kanaoka, M. Pearson, P. Levy, M. Kimura, N. Tsunoda, T. Otsuka
2. 発表標題 Structure of neutron-rich 31Mg by β -decay spectroscopy of spin-polarized 31Na
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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻 原子核実験研究室
<http://nucl.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>

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	西畑 洸希 (Nishibata Hiroki) (00782004)	九州大学・理学研究院・助教 (17102)	
研究分担者	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・研究機関講師 (82118)	
研究分担者	畠山 温 (Hatakeyama Atsushi) (70345073)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (12605)	

	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	L a s s e n J e n s (Lassen Jens)	T R I U M F ・ Laser Applications ・ Group Leader	
研究協力者	L e e R u o h o n g (Lee Ruohong)	T R I U M F ・ Laser Applications ・ Senior Scientist	
研究協力者	L e v y P h i l (Levy Phil)	T R I U M F ・ Laser Applications ・ Senior Scientist	
研究協力者	P e a s o n M a t t (Pearson Matt)	T R I U M F ・ Laser Applications ・ Senior Scientist	

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
研究協力者	下田 正 (Shimoda Tadashi) (70135656)	大阪大学・理学研究科・名誉教授 (14401)	
研究協力者	金谷 晋之介 (Kanaya Shinosuke)	大阪大学・理学研究科・博士後期課程 (14401)	
研究協力者	大上 能弘 (Okami Yoshihiro)	大阪大学・理学研究科・博士前期課程 (14401)	
研究協力者	前島 大樹 (Maejima Daiki)	大阪大学・理学研究科・博士前期課程 (14401)	
研究協力者	飯村 俊 (Iimura Shun)	大阪大学・理学研究科・博士後期課程 (14401)	
研究協力者	濱野 友哉 (Hamano Tomoya)	九州大学・理学研究院・博士前期課程 (17102)	
研究協力者	安田 瑠奈 (Yasuda Runa)	東京農工大学・工学府・博士後期課程 (12605)	
研究協力者	関口 直太 (Sekiguchi Naota)	東京工業大学・工学研究科・特任助教	

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
研究協力者	浅川 寛太 (Asakawa Kanta)	東京農工大学・工学府・助教	

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			
カナダ	TRIUMF			