

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05482

研究課題名(和文) 直線偏光ガンマ線によるシザースモード磁気的双極子遷移の研究

研究課題名(英文) Study of magnetic dipole transitions by linearly polarized gamma rays

研究代表者

静岡 俊行 (SHIZUMA, Toshiyuki)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・高崎量子応用研究所 東海量子ビーム応用研究センター・上席研究員(定常)

研究者番号：50282299

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：兵庫県立大学ニュースバル放射光施設のレーザーコンプトンガンマ線ビームを用いて、Al-27に対する透過型の核共鳴蛍光散乱実験を行い、吸収の度合い及び全崩壊幅を求めた。この結果は、これまで報告されている値とよく一致し、本測定法により全崩壊幅や分岐比を求めることができることが分かった。また、直線偏光ガンマ線を用いたTa-181の核共鳴蛍光散乱実験データから、遷移の多重極度を決定し、磁気双極子(M1)遷移確率を求めた。その結果、近傍の偶々核のM1遷移強度や理論計算値と比べて、1/5程度となっており、Ta-181では、シザースモードM1共鳴準位に対して強い分散が生じているものと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

シザースモードM1遷移に関する実験では、これまで、遷移の多重極度の直接測定がほとんど行われておらず、直線偏光ガンマ線を用いて遷移の多重極度を精度良く決定することは、M1遷移強度を決定する上で重要である。また、シザースモードM1共鳴は核子のハサミ状振動に起因した集団運動によるものであり、その微視的構造を明らかにすることにより、有限量子多体系である原子核の理解が進むものと考えられる。さらに、シザースモードなどの低エネルギーM1遷移の強度は、宇宙元素合成における核種の生成率に影響を与えることから、シザースモードM1共鳴の微視的構造を明らかにすることは重要である。

研究成果の概要(英文)：Transmission nuclear resonance fluorescence measurements on the 2982-keV transition in Al-27 was carried out using a laser Compton scattering gamma-ray beam operating at the NewSUBARU synchrotron radiation facility at University of Hyogo. The results are consistent with the previously reported values, and we have confirmed that the method can be used for measurements of the total decay width. We also determined the multipolarity of the transitions in Ta-181 from the nuclear resonant fluorescence scattering data using linearly polarized gamma-rays and obtained the magnetic dipole (M1) transition probabilities. As a result, the total M1 reduced transition probability in the energy region is about 1/5 of the intensity of the scissors-mode M1 transition in the nearby even nuclei and the theoretical calculation, suggesting that strong fragmentation occurs for the scissors-mode M1 resonance levels in Ta-181.

研究分野：原子核物理

キーワード：磁気双極子遷移強度 核共鳴蛍光散乱

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

四重極変形をした原子核では、励起エネルギー2.5～4MeV領域に、 $3 \sim 10 \mu_N^2$ の強度をもつ磁気的双極子(M1)遷移が系統的に観測されている。このような遷移は、陽子と中性子の塊がハサミ状に振動する集団運動モードによって引き起こされるため、シザースモード M1 遷移と呼ばれている。シザースモード M1 遷移の強度は、宇宙元素合成において、r プロセスにおける中性子捕獲反応率を評価する際に用いられるガンマ線強度関数と比例関係にある。ガンマ線強度関数は、捕獲後の中性子放出とガンマ線による崩壊の分岐比を決める重要な物理量であり、中性子捕獲反応率を決定する上で必要である。また、ガンマ線強度関数は、E1 遷移が支配的であり、従来の理論計算も E1 遷移強度が基になっている。しかしながら、2000 年代半ば以降、低エネルギー領域に強い M1 遷移が存在することがわかり、シザースモード M1 遷移によって、中性子捕獲反応率が 10 倍以上増加することが判明している。一方、これまでのシザースモード M1 遷移の測定では、遷移の多重極度の決定に曖昧さが残っている。特に、核共鳴蛍光散乱では、M1 遷移と電気的双極子(E1)遷移によるガンマ線が放出されるが、これらのガンマ線の角度分布が一致するため、従来の無偏光の制動放射光を用いる方法では、遷移の多重極度(M1 か E1)を求めることが困難であった。

2. 研究の目的

本研究では、四重極変形をもつ ^{181}Ta に着目し、シザースモード M1 遷移の強度分布を明らかにする。 ^{181}Ta については、これまで、無偏光の制動放射光を用いた核共鳴散乱実験から散乱ガンマ線強度の測定が行われているが、遷移の多重極度はわかっていない[1]。そこで、直線偏光レーザーコンプトンガンマ線を用いた核共鳴散乱実験データを用いて遷移の多重極度を決定し、シザースモード M1 遷移の強度分布を求める。また、近傍の原子核のシザースモード M1 遷移強度や理論模型との比較を行い、 ^{181}Ta のシザースモード M1 共鳴準位について、その核構造的特徴を明らかにする。

[1] A.Wolpert et al., Phys. Rev. C 58, 765, (1998).

3. 研究の方法

高エネルギー加速電子とレーザー光とのコンプトン散乱によって得られるレーザーコンプトンガンマ線を用いて核共鳴散乱実験を行う。レーザーコンプトンガンマ線は、単色性、偏光性やエネルギー可変性において優れた特徴をもつガンマ線ビームである。特に、レーザーコンプトンガンマ線の直線偏光性を利用して、遷移の多重極度を決定することができる。 ^{181}Ta の基底状態のスピンのパリティは $J^\pi = 7/2^+$ であるため、ガンマ線の吸収により、双極子遷移による核励起においては、 $J^\pi = 5/2^\pm, 7/2^\pm, 9/2^\pm$ のスピンのパリティをもつ状態が生成される。ガンマ線ビームの偏光面に対する散乱ガンマ線強度の非対称度[2]は、励起準位のスピンのパリティによって異なる値を持ち、非対称度の測定から励起準位のスピンのパリティや遷移の多重極度を決定し、M1 及び E1 遷移強度を求める。

また、透過型の核共鳴蛍光散乱を用いた測定から吸収の度合い[3]を求め、基底状態への全崩壊幅を決定することが可能である。今回、全崩壊幅の良く分かっている ^{27}Al の 2982 及び 3004-keV 遷移に対する測定を行い、測定法の開発を進めた。測定実験は、兵庫県立大学のニュースバル放射光施設で行った。蓄積リングの加速電子ビームと CO_2 レーザービームを衝突させ、エネルギー3MeV領域のレーザーコンプトンガンマ線を生成した。直径 4mm の鉛コリメータを用いて、レーザーコンプトンガンマ線のエネルギーを選別した。入射ガンマ線のエネルギー半値幅は約 5%であった。散乱標的、吸収標的ともに、厚さ 3cm の天然アルミニウムを使用した。2 台の高純度ゲルマニウム検出器を用いて、散乱ガンマ線の測定を行い、吸収標的の有る場合と無い場合の散乱ガンマ線強度から吸収の度合いを求め、基底状態への全崩壊幅を決定した。

[2] T.Shizuma et al., Phys. Rev. C 96, 044315 (2017).

[3] C.T.Angell et al, Phys. Rev. Lett. 117, 142501 (2016).

4. 研究成果

(1) 透過型の核共鳴蛍光散乱実験

共鳴散乱ガンマ線を測定する通常の核共鳴蛍光散乱実験では、主に、基底状態へ遷移する散乱ガンマ線を測定するため、遷移の分岐がある場合、遷移強度が過少評価される可能性がある。一方、透過型の核共鳴蛍光散乱実験では、ガンマ線ビームを吸収標的に照射した後に、透過ガンマ線を 2 番目の標的(散乱標的)に照射し、散乱標的から放出される散乱ガンマ線を測定する。この場合、散乱標的から放出される散乱ガンマ線の強度は、吸収標的における共鳴吸収のため、吸

吸収標的が無い場合と比べて減少する。したがって、共鳴吸収による減少の割合を測定することにより、共鳴準位への励起確率を求めることができる。

図1に、 ^{27}Al に対する透過型の核共鳴蛍光散乱実験から得られた 2982 及び 3004-keV 遷移の散乱ガンマ線のエネルギースペクトルを示している。吸収標的が有る場合と無い場合のスペクトルを、それぞれ、赤線と青線で示している。3004-keV 遷移では、吸収標的が有る場合と無い場合でほとんど差がないが、2982-keV 遷移では、吸収による影響が大きくなっていることがわかる。得られた強度比を基に、吸収の割合 R を求めると、2982 と 3004-keV 遷移に対して、それぞれ、 $R=0.41(2)$ 、 $0.05(9)$ となった。図2に、本測定体系における 2982-keV 遷移に対する基底状態への全崩壊幅 Γ_0 と吸収の割合の相関関係（計算値）を示している。今回の測定結果 $R=0.41(2)$ を赤丸で示しているが、全崩壊幅との相関関係から、2982-keV 準位の全崩壊幅を $\Gamma_0=119(9)\text{meV}$ （青丸）と決定した。この値は、これまで報告されている $\Gamma_0=116.7(25)\text{meV}$ [4] と誤差の範囲内で一致する。3004-keV 遷移に対しても、これまでのデータと矛盾しない結果が得られており、今回の測定法を用いることにより、基底状態への全崩壊幅を決定することがわかった。また、従来の散乱型の核共鳴蛍光散乱から得られる部分崩壊幅と合わせて、遷移の分岐比を決定できる。

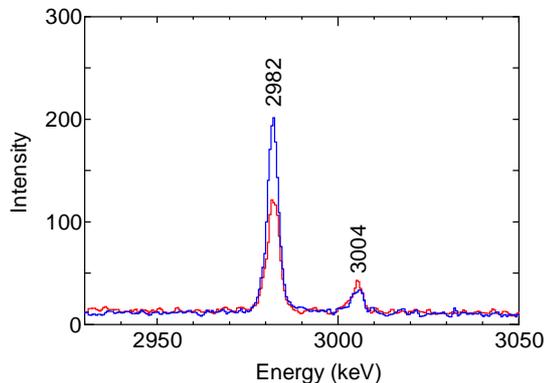


図1．吸収標的が有る場合（赤）と無い場合（青）の散乱ガンマ線のエネルギースペクトル。

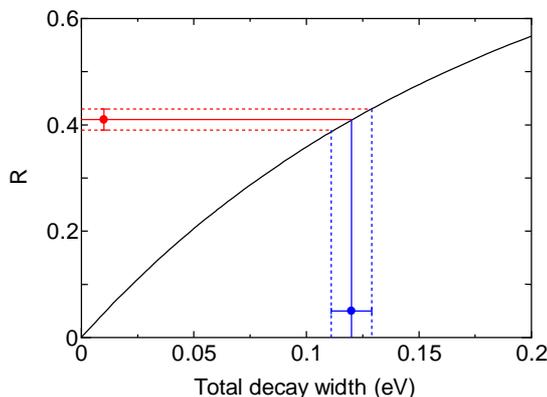


図2 ^{27}Al の 2982-keV 遷移に対する全崩壊幅と吸収の割合の相関関係（実線）。実験から得られた吸収の割合を赤丸で示している。青丸は、計算値との比較から得られた全崩壊幅を示している。

(2) ^{181}Ta の M1 遷移確率

無偏光ガンマ線を用いた核共鳴蛍光散乱実験では、M1 遷移と E1 遷移による散乱ガンマ線の角度分が一致するため、遷移の多重極度を求めることができない。一方、直線偏光ガンマ線を用いた場合、角度分布は入射ガンマ線の偏光面に対して非対称となり、E1 遷移と M1 遷移に対して異なる分布となる [5]。したがって、入射ガンマ線ビームの偏光面に対する散乱ガンマ線強度の非対称度を測定することにより、励起準位のスピン・パリティや遷移の多重極度を決定することができる。

図3に、直線偏光ガンマ線を用いた ^{181}Ta の核共鳴散乱実験から得られた入射ガンマ線ビームの偏光面に対する散乱ガンマ線強度の非対称度の解析結果を示している。 ^{181}Ta の非対称度は、直線偏光ガンマ線に対する角度分布関数を用いると、励起準位のスピン・パリティ $J^\pi = 5/2^\pm$ 、 $7/2^\pm$ 、 $9/2^\pm$ に対しては、それぞれ、 ± 0.03 、 ± 0.3 、 ± 0.14 となる。これらの値との比較から、

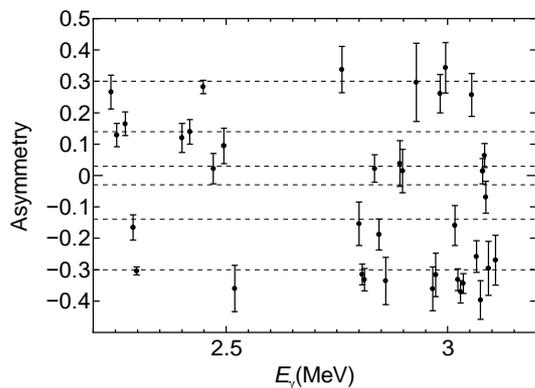


図3．偏光面に対する共鳴散乱ガンマ線の非対称度。計算値（点線）との比較から、共鳴準位のスピン・パリティを決定する。

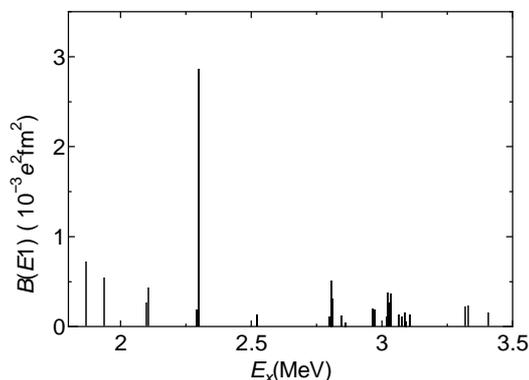


図4 ^{181}Ta の E1 遷移に対する換算遷移確率。

^{181}Ta の励起エネルギー2.2~3.2MeV 領域において、新たに 37 準位に対して、スピン・パリティを決定した。

上記の結果をもとに遷移の多重極度を決定し、制動放射光を用いた核共鳴散乱実験[1]から得られているデータを用いて、M1 及び E1 遷移強度を求めた。図 4、5 に、E1 及び M1 遷移に対する換算遷移確率 $B(E1)$ 及び $B(M1)$ を示しているが、このエネルギー領域の M1 及び E1 遷移に対する全換算遷移確率として、 $0.41(2) \sim 0.65(3) \mu_N^2$ 、及び、 $7.1(3) \sim 9.8(4) \times 10^{-3} e^2 fm^2$ が得られた。一方、近傍の偶々核である ^{178}Hf 及び ^{180}Hf に対しては、それぞれ、 $2.38(9)$ 、 $2.13(9) \mu_N^2$ 、 $12.7(12)$ 、 $14.5(20) \times 10^{-3} e^2 fm^2$ が得られており[6]、 $\Sigma B(M1)$ に対しては $1/5$ 、 $\Sigma B(E1)$ に対しては $1/2$ 程度になることがわかった。このことは、 ^{181}Ta のような陽子数または中性子数が奇数の奇核では、偶々核と比べて全 M1 遷移強度が小さくなるという過去のデータ[7]と一致しており、シザースモード M1 共鳴準位に分散が生じ、その結果、個々の遷移強度が弱くなるため、実験では観測できない可能性が考えられる。

さらに、図 5 に、準粒子光子模型 (QPM) を用いた M1 遷移強度の理論計算[8]との比較を示している。同計算では、 ^{181}Ta に対する励起エネルギー2~4MeV 領域の M1 遷移は、M1 オペレーターの軌道成分 (シザースモード) によるもので、全 M1 遷移強度として、 $1.891 \mu_N^2$ が得られている。この値は、近傍の偶々核に対する値に近く、 ^{181}Ta の実験値と比べて、3~5 倍程度である。また、QPM を用いた理論計算では、励起エネルギー3.5MeV 以下において、7 本の M1 遷移に対して、 $0.1 \mu_N^2$ 以上の強度をもつことが予測されている (図 5 下)。しかしながら、そのような強い遷移は観測されていない。このことから、 ^{181}Ta では、シザースモード M1 共鳴準位に対して強い分散が生じているものと考えられる。今後、散乱ガンマ線スペクトルの解析において、バックグラウンド成分の詳細な分析を行い、M1 遷移強度を求める予定である。また、 ^{181}Ta のより正確な M1 遷移強度を得るため、今回は実施することができなかったが、透過型の核共鳴蛍光散乱実験を行い、全崩壊幅や分岐比を求める必要がある。

- [4] N.Pietralla et al, Phys. Rev. C 51, 1021 (1995).
- [5] W.Fagg and S.Hanna, Rev. Mod. Phys. 31, 711 (1959).
- [6] N.Pietralla et al, Nucl. Phys. A618, 141 (1997).
- [7] J.Enders et al., Phys. Rev. Lett. 79, 2010 (1997).
- [8] E.Tabar et al., Int. J. Mod. Phys. E 25, 1650053 (2016).

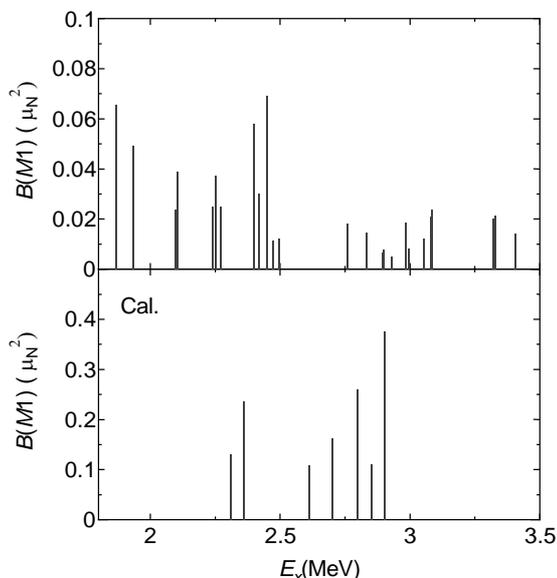


図 5 ^{181}Ta の M1 遷移に対する換算遷移確率 (上) と計算値 (下) の比較。上図と下図ではスケールが異なっている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Shizuma T., Minato F., Omer M., Hayakawa T., Ohgaki H., Miyamoto S.	4. 巻 103
2. 論文標題 Low-lying electric and magnetic dipole strengths in Pb207	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 24309
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.103.024309	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 Omer Mohamed, Shizuma Toshiyuki, Hajima Ryoichi	4. 巻 951
2. 論文標題 Compton scattering of quasi-monochromatic γ -ray beam	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 162998 ~ 162998
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.nima.2019.162998	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 Shizuma T., Omer M., Hajima R., Shimizu N., Utsuno Y.	4. 巻 100
2. 論文標題 Spin and parity determination of the 3.004-MeV level in Al27: Its low-lying multiplet structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 014307-1 ~ 6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.100.014307	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 Shizuma T., Iwamoto N., Makinaga A., Massarczyk R., Schwengner R., Beyer R., Bemmerer D., Dietz M., Junghans A., Kogler T., Ludwig F., Reinicke S., Schulz S., Uralas S., Wagner A.	4. 巻 98
2. 論文標題 Dipole strength distribution in Pb206 for the evaluation of the neutron capture cross section of Pb205	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 064317-1,12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.98.064317	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 MIYAMOTO Shuji、TAKEMOTO Akinori、YAMAGUCHI Masashi、SUGITA Kento、HASHIMOTO Satoshi、AMANO Sho	4. 巻 13
2. 論文標題 Measurements of Neutrons from Photonuclear Reactions Using Laser Compton Scattering Gamma Rays	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 2404066 ~ 2404066
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.13.2404066	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 Iwamoto Nobuyuki、Shizuma Toshiyuki	4. 巻 178
2. 論文標題 Evaluation of neutron capture cross section on 205Pb with photonuclear data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 EPJ Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 06004 ~ 06004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/201817806004	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 Tonchev A.P.、Tsonova N.、Goriely S.、Bhatia C.、Arnold C.W.、Hammond S.L.、Kelley J.H.、Kwan E.、Lenske H.、Piekarewicz J.、Raut R.、Rusev G.、Shizuma T.、Tornow W.	4. 巻 178
2. 論文標題 Astrophysical relevance of the low-energy dipole strength of 206Pb	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 EPJ Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 04003 ~ 04003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/201817804003	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 T.Shizuma	4. 巻 1
2. 論文標題 Status of nuclear data for nuclear resonance fluorescence	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JAEA Conf	6. 最初と最後の頁 7 ~ 11
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20件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 静間俊行、M.Omer、羽島良一
2. 発表標題 核共鳴蛍光散乱を用いた ^{181}Ta の共鳴準位のスピン・パリティの測定
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 静間 俊行, M.Omer, 羽島 良一
2. 発表標題 直線偏光ガンマ線を用いたTa-181の核共鳴蛍光散乱実験
3. 学会等名 日本原子力学会秋の大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toshiyuki Shizuma
2. 発表標題 Results of Measurements at the NewSUBARU and HIgS Facilities
3. 学会等名 Workshop on demonstration of nuclear resonance fluorescence technique for detection of nuclear material hidden in a shield
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 静間俊行
2. 発表標題 直線偏光ガンマ線を用いた 奇核のスピン・パリティの測定
3. 学会等名 核データ測定戦略検討WG
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 静間俊行、遠藤駿典、湊太志、木村敦、岩本信之、岩本修
2. 発表標題 鉛領域核の中性子、光核データの測定
3. 学会等名 加速器を用いた分離変換研究に関する研究交流会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮本修治
2. 発表標題 準単色・偏極ガンマ線の発生と利用研究
3. 学会等名 第236回 フォトポリマー懇話会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 静間俊行、モハマトオマル、早川岳人、湊太志、松葉俊哉、大垣英明、宮本修治
2. 発表標題 レーザーコンプトンガンマ線を用いたNi-58の核共鳴蛍光散乱実験
3. 学会等名 日本原子力学会秋の大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 静間俊行
2. 発表標題 ADS核変換のための鉛領域核の中性子データ測定
3. 学会等名 加速器を用いた分離変換研究に関する研究交流会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 静間俊行、M. Omer、羽島良一、小泉光生、宇都野穰
2. 発表標題 レーザーコンプトンガンマ線を用いたAl-27の核共鳴蛍光散乱実験
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 静間俊行、岩本信之、牧永綾乃、Massarczyk R.、Schwengner R.、Beyer R.、Benmerer D.、Dietz M.、Junghans A.、Kogler T.、Ludwig F.、Reinicke S.、Schulz S.、Urlas S.、Wagner A.
2. 発表標題 制動放射光を用いた鉛206 の共鳴散乱断面積の測定
3. 学会等名 日本原子力学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮本修治
2. 発表標題 線ビームラインの開発とそれを用いた量子ビーム核科学研究推進
3. 学会等名 放射線利用総合シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 甲田旭、山本康嵩、青井考、井手口栄治、M. Kumar Raju、Hoang Thi Ha、Tung Thanh Pham、嶋達志、宮本修治、静間俊行、Viljamaa Topi Benjamin、Kathrin Wimmer、Pieter Doornenbal、Martha Liliana Cortes、今井明、Jongwon Hwang
2. 発表標題 ガンマ線トラッキング検出器の開発と性能評価
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Asahi Kohda, Nori Aoi, Yasutaka Yamamoto, Eiji Ideguchi, Mukhi Kumar Raju, Hoang Thi Ha, Tung Thanh Pham, Tatsushi Shima, Viljamaa Topi Benjamin, Shuji Miyamoto, Toshiyuki Shizuma, Nobuaki Imai, Kathrin Wimmer, Pieter Doornenbal, Rudrajyoti Palit
2. 発表標題 Development of a gamma-ray tracking detector and its performance test
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 静間俊行、M.Omer、羽島良一、小泉光生
2. 発表標題 直線偏光ガンマ線を用いたAl-27の核共鳴蛍光散乱実験
3. 学会等名 日本原子力学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 静間俊行
2. 発表標題 核共鳴蛍光散乱を用いた核物理と応用
3. 学会等名 ILCの多角的活用を考える会II
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 甲田 旭、青井 考、山本康嵩、井手口栄治、M. Kumar Raju Hoang Thi Ha、Tung Thanh Pham、嶋達志、柳原陸斗、Viljamaa Topi Benjamin、宮本修治、静間俊行
2. 発表標題 線Tracking検出器の開発と性能評価
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮本 修治
2. 発表標題 NewSUBARU BL01ビームラインの整備と実験
3. 学会等名 日本原子力学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 静間俊行
2. 発表標題 核共鳴蛍光散乱を用いた ^{206}Pb の双極子遷移強度の測定
3. 学会等名 日本原子力学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 N. Iwamoto, T. Shizuma
2. 発表標題 Evaluation of neutron capture cross section on ^{205}Pb with photonuclear data
3. 学会等名 16th International Symposium on Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Shizuma
2. 発表標題 Status of nuclear data for nuclear resonance fluorescence
3. 学会等名 Internation nuclear data symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017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	宮本 修治 (MIYAMOTO Shuji) (90135757)	兵庫県立大学・高度産業科学技術研究所・特任教授 (24506)	

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