

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03855

研究課題名(和文)天体環境における電子捕獲率、崩壊率の評価と元素合成

研究課題名(英文)Evaluation of electron-capture and beta-decay rates at stellar environments and nucleosynthesis

研究代表者

鈴木 俊夫 (SUZUKI, Toshio)

日本大学・文理学部・研究員

研究者番号：70139070

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：天体環境下での弱遷移率、すなわち電子捕獲率、崩壊率のより正確な評価を、ガモフ・テラー遷移だけでなく第一、第二禁止遷移も含めて行った。sd-pf, pf-sdg 殻のような二主殻が関与する核領域にも対象を拡張して、天体での元素合成過程や核Urca過程、星の進化に重要な弱遷移率の蓄積を行った。これらの弱遷移率は星での元素合成、星の冷却・加熱、進化の最終過程の研究に適用された。また、陽子数Z=9-12の同位体では、中性子ドリップ線の決定に核力のモノポール成分以外の四重極成分が重要な役割を果たしていることを明らかにし、これまで発見された中で最も重い二中性子八ロー核29Fの構造の解明を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

核領域を拡張し、禁止遷移も含めた天体環境での精密な弱遷移率の新たな評価は、天体での元素合成や星の進化の分野の研究へ応用、反映させることによって、原子核物理、天体物理分野間の共同研究、両分野間の研究のフィードバックをさらに推進させる。また、それぞれの分野での研究も、原子核物理では、二主殻に適用できる有効相互作用の新しい求め方の開発、配位空間の拡張などの点でさらに発展することが期待される。分野の垣根を越えた研究成果は、一般社会での興味と関心を引き、その理解を深めることに貢献する。

研究成果の概要(英文)： Accurate evaluations of weak rates, that is, electron-capture and beta-decay rates in stellar environments, have been done systematically for Gamow-Teller, first and second forbidden transitions including the nuclear regions where two-major shells such as sd-pf and pf-sdg shells are concerned. These nuclear weak rates thus accumulated have been applied to study nucleosynthesis in stars, cooling and heating of the cores of the stars, and evolution of the stars in their final stages.

Using a new microscopic effective interaction in sd-pf shell, nuclear deformations, or quadrupole components of nuclear forces, are found to play important roles in determining the neutron driplines in fluorine, neon, sodium and magnesium isotopes. Structure of the new two-neutron halo in 29F has been clarified.

研究分野：原子核理論

キーワード：電子捕獲反応 ベータ崩壊 殻模型 スピン依存型遷移 元素合成 核Urca過程 ニュートリノ 原子核反応 中性子ドリップ線・八ロー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

不安定核を含む広範囲の原子核の精密な構造研究の進展の成果を、天体における元素合成や星の進化の過程の研究に反映させることの重要性は、最近、天体、原子核研究者双方に認識されるようになってきた。我々原子核研究者は、原子核のスピン・モードを正確に記述できる殻模型ハミルトニアンを用いて、天体環境における電子捕獲反応率、崩壊率、星でのニュートリノ過程や超新星ニュートリノの地上での観測に有効なニュートリノ核反応断面積の再評価を行い、星のコア崩壊時のニュートリノ過程や  $r$  過程での元素合成、核 Urca過程による星の冷却に適用してきた。例えば、最近 2 - 3 年の研究では、(1) 8 - 10 太陽質量を持つ星の ONeMg コアの進化の研究のため、 $A=17 - 28$  の sd 殻核の電子捕獲率、崩壊率を系統的に評価し、表としてまとめた。(2) pf 殻核での電子捕獲率、崩壊率を新しいハミルトニアンを用いて評価し、Ia 型超新星爆発における鉄族元素の合成問題に適用し、中性子過剰鉄族元素の過剰生成問題が十分に解決されうことを示した。(3) 中性子数  $N = 126$  核 (陽子数  $Z = 64 - 78$ ) の崩壊の半減期を殻模型で評価し、超新星爆発や中性子星合体過程での  $r$  過程による第三ピークからウラン・トリウムまでの元素合成に適用した。従来の標準的なモデル (FRDM) より短い半減期の超新星爆発過程における優位性を示した。(4) ニュートリノ- $^{160}$  核反応の断面積を、 $^{160}$  のスピン双極子強度を良く再現するハミルトニアンを用いて評価し、将来、Super-Kamiokande における超新星ニュートリノの観測と、ニュートリノの質量階層の解明に備えた。

引き続き、我々のこれまでの成果をさらに系統的に発展させ、核構造研究の進展の成果を星での元素合成、星の進化の研究に反映させることが重要である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、高密度、高温の天体環境下での電子捕獲率、崩壊率の評価の精密化と対象核領域の範囲の拡大である。主に次の様な点に焦点をあてて研究を進めた。

(1) sd 殻核での弱遷移率でも重要であったスクリーニングの効果を、Ia 型超新星爆発時の鉄族元素合成に重要な pf 殻核の弱遷移率の評価でも系統的に行い精密化を図った。

(2) sd 殻、pf 殻の遷移率の評価では、主にガモフ・テラー遷移の寄与を取り入れたが、その核領域でも低励起エネルギー状態への禁止遷移が重要となる場合がある。例えば、 $^{20}\text{Ne}$  からの電子捕獲反応、 $^{20}\text{Ne} (0^+, \text{g.s.}) \rightarrow ^{20}\text{F} (2^+, \text{g.s.})$ 、は第二禁止遷移となるが、特定の温度、密度領域では重要な寄与があり、引き続きおこる  $^{20}\text{F}$  からの電子捕獲反応とともに星の加熱過程に重要な遷移であると考えられている。最近、遷移率の測定実験もなされた [文献 1]。天体環境下での電子捕獲率の精密な評価を行った。

( 3 ) 弱遷移率の評価を、sd-pf 殻、特に逆転の島の核領域 ( N ~ 20 の Ne, Na, Mg 等 ) に拡張した。この核領域、例えば  $^{31}\text{Al}$  -  $^{31}\text{Mg}$  ペア-核間の弱遷移は中性子星クラストにおける冷却現象に重要である [文献 2]。

( 4 )  $^{78}\text{Ni}$  近傍の N=50 の中性子過剰核からの電子捕獲が、コア崩壊型超新星爆発のコア崩壊過程で重要であることが指摘された [文献 3]。この領域での電子捕獲率がコア崩壊での中性子化率を決め、爆発後の元素合成に影響を与える。この核領域は pf-sdg 殻核であり、主要な寄与であるスピン双極子遷移 ( 第一禁止遷移 ) による弱遷移率を評価した。

( 5 )  $^{19}\text{F}$  の合成に重要なニュートリノ過程の研究のため、 $^{20}\text{Ne}$  反応断面積を再評価した。 $^{16}\text{O}$  反応に続き、 $^{18}\text{O}$  反応の断面積を評価し、water Cherenkov 検出器による超新星ニュートリノの観測に与える影響を調べた。また、超新星ニュートリノの検出に有力な標的である  $^{40}\text{Ar}$  からの反応断面積を再評価した。

新しい遷移率、断面積は天体での元素合成、星の冷却、加熱過程と星の終末の運命を予測する研究に重要で不可欠となる。

[1] O. S. Kirsebom et al., Phys. Rev. Lett. 123, 262701 (201); Phys. Rev. C 100, 065805 (2019).

[2] H. Schatz et al., Nature 505, 62 (2014).

[3] C. Sullivan, E. O' Connor, R. G. T. Zegers, T. Grubb, and S. M. Austin, Astrophys. J. 816, 40 (2016).

### 3 . 研究の方法

弱遷移率の精密な評価のために、改良された相互作用、ハミルトニアンを用い、核子間相関を正確に取り入れた殻模型の手法を用いた。特に二主殻が関与する sd-pf 殻核では、G 行列を拡張した新しい方法、Extended Kuo-Krenciglowa (EKK) 法 [文献 4]、を用いて有効相互作用を求め、A=31 核ペア-の弱遷移率の精密な評価を行った。また、N=50 近傍の pf-sdg 殻領域の模型空間の配位が広い殻模型計算はモンテ・カルロ殻模型法を適用した。

禁止遷移による弱遷移の評価には、Walecka による多重極展開法と、電子の歪曲波の効果を取り入れた Behrens-Buhring の方法を適用した。

新たに得られた弱遷移率の核データを、天体核、天文研究者が元素合成ネットワーク計算に使用できるようにまとめ、提供した。研究代表者、研究協力者が密に連絡をとりながら協力し研究を遂行した。研究代表者が電子捕獲率、崩壊半減期、ニュートリノ 原子核反応断面積の評価、研究協力者が殻模型計算、反応の分岐比、天体への応用を主に担当した。

[4] N. Tsunoda, T. Otsuka, N. Shimizu, M. Hjorth-Jensen, K. Takayanagi and T. Suzuki, Phys. Rev. C 95, 021304(R) (2017).

#### 4. 研究成果

天体環境下での弱遷移率、すなわち電子捕獲率および崩壊率のより正確な評価を、ガモフ・テラー遷移だけでなく第一、第二禁止遷移も含めて行った。二主殻が関与する核領域にも対象を拡張した系統的な研究を行い、天体での元素合成過程や核 Urca 過程、星の進化に重要な精密な弱遷移率の蓄積を行うことができた。また、中性子ドリップ線の決定に、モノポール成分以外の核力成分、四重極成分、が重要な役割を果たしていることを明らかにし、新たに発見された二中性子ハローの構造の解明を行った。

(1) 電子、イオンのスクリーニング効果の寄与を取り入れた弱遷移率の評価を、pf 殻核で系統的に行った。pf 殻の GXPF1J 相互作用ハミルトニアンを用い、高密度、高温の天体条件下での精密な電子捕獲率、崩壊率、ニュートリノ放出エネルギー消失率、ガンマ線エネルギー生成率を評価し、元素合成や星の進化の天体計算の有効利用に供するため表としてまとめた。

(2)  $^{20}\text{Ne}$  からの第二禁止遷移による電子捕獲率を Walecka の多重極展開の方法および電子の歪曲波の効果を取り入れた Behrens-Buhring の方法によって精密に評価した。20F からの崩壊率の実験データをもとに、あたかも許容ガモフ・テラー遷移として扱う評価法の限界を示した。また、電気四重極遷移における Conserved-Vector-Current (CVC) 関係の重要性を示し、CVC を満たす限り、Walecka 法と Behrens-Buhring 法による捕獲率の違いは小さいことを示した。新しい電子捕獲率を 8-10 太陽質量の星の進化における  $0\text{NeMg}$  コアの加熱過程の研究に応用し、星の終末がコア崩壊なのか熱核爆発なのかを、様々な初期爆燃コア密度と対流安定性条件のもとで調べた。Ne が電子を大量に捕獲することによって引き起こされるコアの重力崩壊と中性子星成を伴う電子捕獲型超新星爆発が起こる可能性が高いことを示した。より確かな結論を得るには、理論、観測両面のさらなる研究が必要である。

(3)  $^{78}\text{Ni}$  からの電子捕獲率における第一禁止遷移の寄与を、従来の pf- $g_{9/2}d_{5/2}$  配位から拡張した full の pf-sdg 殻配位空間での殻模型計算によって評価した。sdg 殻の寄与を完全に取入れることの重要性を明らかにした。有効捕獲率、乱雑位相近似 (RPA) による評価との比較を高密度で行った。また、Behrens-Buhring 法と Walecka 法による捕獲率の差異は 20%程であることを示した。

(4) 将来の超新星ニュートリノ検出のため、超新星エネルギー領域でのニュートリノ- $^{13}\text{C}$  核反応断面積を、ニュートリノ- $^{12}\text{C}$  反応断面積の評価に成功した相互作用ハミルトニアン (SF0) を用いて種々のガンマ線、粒子放出チャネルに対して評価した。また、コヒーレント弾性散乱の断面積の評価を行い、原子核の中性子分布の測定に対する有効性を示した。

(5) 中性子星クラストでの Urca 過程に重要な役割をする sd-pf 殻の核ペア、 $^{31}\text{Al}$ - $^{31}\text{Mg}$ 、間の天体環境下での弱遷移率を G-行列を拡張した方法 (EKK 法) を用いて評価した。また、A=61 核ペア、 $^{61}\text{V}$ - $^{61}\text{Cr}$ 、間のガモフ・テラー遷移率を pf 殻の範囲で評価し、基底状態間の遷移強度が最近の実験値を再現することを示した。これは、この A=61 核ペアが従来考えられていた程は Urca 過程に寄与しないことを示唆する。

(6) 中性子ドリップ線 (存在限界) を決めることは、天体での元素合成の研究に重要な意味を持つ。フッ素、ネオン、ナトリウム、マグネシウム同位体では、原子核の形が球形から楕円体へ変形して起こる結合エネルギーの増減がドリップ線の決定に重要であることを、基本的な核力を用いた第一原理的な大規模殻模型計算によって示した。理論計算によるドリップ線、 $^{31}\text{F}$ 、 $^{34}\text{Ne}$ 、 $^{39}\text{Na}$  は実験を再現し、 $^{42}\text{Mg}$  がドリップ線であることを予言した。

(7) これまでで最も重い二中性子ハロー核  $^{29}\text{F}$  の発見の研究に参加し、ハローの構造と半径の増大を最先端の方法で導き出された核力と広い配位空間 (sd-pf 殻) を用いた殻模型計算で説明することに成功した。これは中性子過剰核での従来の標準的な中性子 (n) の魔法数 N=20 の消失に対応し、軌道角運動量 1 の 2p 軌道から成るハローが形成されていることを示す。n  $^{27}\text{F}$  n の 3 体系として束縛するという典型的な Borromean リング構造を持っている。

(8)  $^{17}\text{B}$ 、 $^{19}\text{B}$  の二中性子ハローの構造を、n コア-n の Borromean 構造を持つとして、三体模型を用いて低エネルギーの基本的な中性子-中性子間力を基に研究した。 $^{17}\text{B}$  の二中性子は角運動量 2 の d-軌道が主要な成分であること、 $^{19}\text{B}$  は角運動量 0 の s-軌道成分が約 40%、d-軌道成分が約 60%であることを示した。

(9) 超新星ニュートリノの検出に有効な酸素、アルゴンを標的とするニュートリノ-原子核反応の断面積を殻模型で評価した。 $^{18}\text{O}(\nu, e^-)^{18}\text{F}$  反応ではガモフ・テラー遷移の寄与が重要となり、 $^{16}\text{O}$  の場合より大きな断面積を得る。 $^{18}\text{O}$  の同位体含有率 0.205% を考慮して、water Cherenkov 検出器による超新星ニュートリノの観測に於ける  $^{18}\text{O}$  同位体からの寄与を評価した。無視できない寄与があり、 $^{16}\text{O}$  の寄与からの分離が可能なことを示した。 $^{40}\text{Ar}$  のガモフ・テラー遷移強度、磁気双極子強度の実験データをもとに、スピン・モードの核内でのクエンチング効果を評価し、EKK 法による sd-pf 殻の有効相互作用を用いて信頼性の高い反応断面積を求めた。また、断面積のクエンチング・ファクターに対する依存性を詳細に調べた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 28件 / うち国際共著 22件 / うちオープンアクセス 28件）

|                                                                                                                                                                         |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1. 著者名<br>Sahoo Subhrajit, Srivastava Praveen C., Suzuki Toshio                                                                                                         | 4. 巻<br>1032                |
| 2. 論文標題<br>Study of structure and radii for $^{20,23}\text{Na}$ isotopes using microscopic interactions                                                                 | 5. 発行年<br>2023年             |
| 3. 雑誌名<br>Nuclear Physics A                                                                                                                                             | 6. 最初と最後の頁<br>122618/1 ~ 21 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.nuclphysa.2023.122618                                                                                                             | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する                |
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshio, Honma Michio, Shimizu Noritaka, Otsuka Takaharu, Mori Kanji, Kajino Toshitaka                                                                  | 4. 巻<br>37                  |
| 2. 論文標題<br>Roles of Spin-dependent Transitions in Nuclei on Astrophysical Processes in Stars                                                                            | 5. 発行年<br>2022年             |
| 3. 雑誌名<br>JPS Conference Series                                                                                                                                         | 6. 最初と最後の頁<br>020903/1 ~ 6  |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.7566/JPSCP.37.020903                                                                                                                     | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |
| 1. 著者名<br>Sakuda Makoto, Suzuki Toshio, Reen Mandeep Singh, Nakazato Ken'ichiro, Suzuki Hideyuki                                                                        | 4. 巻<br>2023                |
| 2. 論文標題<br>Detection of the 4.4-MeV gamma rays from $^{160}\text{Co}$ ( $^{160}(12.97 \text{ MeV}, 2^-)$ ) with a water Cherenkov detector in supernova neutrino bursts | 5. 発行年<br>2022年             |
| 3. 雑誌名<br>Progress of Theoretical and Experimental Physics                                                                                                              | 6. 最初と最後の頁<br>013D02/1 ~ 21 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/ptep/ptac168                                                                                                                        | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する                |
| 1. 著者名<br>Yuan Cenxi, Liu Menglan, Shimizu Noritaka, Podolyak Zs., Suzuki Toshio, Otsuka Takaharu, Liu Zhong                                                            | 4. 巻<br>106                 |
| 2. 論文標題<br>Shell-model study on spectroscopic properties in the region "south" of $^{208}\text{Pb}$                                                                     | 5. 発行年<br>2022年             |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review C                                                                                                                                             | 6. 最初と最後の頁<br>044314/1 ~ 21 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevC.106.044314                                                                                                                 | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する                |

|                                                                                                                                                    |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1. 著者名<br>Kaur S., Kanungo R., Horiuchi W., Hagen G., Holt J.D., Hu B.S., Miyagi T., Suzuki T., Ameil F., Atkinson J., Ayyad Y., Bagchi S., et al. | 4. 巻<br>129              |
| 2. 論文標題<br>Proton Distribution Radii of 16-240: Signatures of New Shell Closures and Neutron Skin                                                  | 5. 発行年<br>2022年          |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Letters                                                                                                                  | 6. 最初と最後の頁<br>142502/1~6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevLett.129.142502                                                                                         | 査読の有無<br>有               |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する             |

|                                                                                                                   |                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Sharma Shweta, Srivastava Praveen C., Kumar Anil, Suzuki Toshio                                         | 4. 巻<br>106               |
| 2. 論文標題<br>Shell-model description for the properties of the forbidden - decay in the region "northeast" of 208Pb | 5. 発行年<br>2022年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review C                                                                                       | 6. 最初と最後の頁<br>024333/1~15 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevC.106.024333                                                           | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|                                                                   |                           |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshio                                           | 4. 巻<br>126               |
| 2. 論文標題<br>Nuclear weak rates and nuclear weak processes in stars | 5. 発行年<br>2022年           |
| 3. 雑誌名<br>Progress in Particle and Nuclear Physics                | 6. 最初と最後の頁<br>103974/1~40 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.pnpnp.2022.103974           | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|                                                                                         |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1. 著者名<br>Sagawa H., Yoshida S., Naito T., Uesaka T., Zenihiro J., Tanaka J., Suzuki T. | 4. 巻<br>829              |
| 2. 論文標題<br>Isovector density and isospin impurity in 40Ca                               | 5. 発行年<br>2022年          |
| 3. 雑誌名<br>Physics Letters B                                                             | 6. 最初と最後の頁<br>137072/1~6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.physletb.2022.137072                              | 査読の有無<br>有               |
| オープンアクセス<br>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<br>-                |

|                                                                                                                                                    |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1. 著者名<br>Le Crom B., Assie M., Blumenfeld Y., Guillot J., Sagawa H., Suzuki T., Honma M., Achouri N.L., Bastin B., Borcea R., Catford W.N. et al. | 4. 巻<br>829              |
| 2. 論文標題<br>Neutron-proton pairing in the N=Z radioactive fp-shell nuclei $^{56}\text{Ni}$ and $^{52}\text{Fe}$ probed by pair transfer             | 5. 発行年<br>2022年          |
| 3. 雑誌名<br>Physics Letters B                                                                                                                        | 6. 最初と最後の頁<br>137057/1~6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.physletb.2022.137057                                                                                         | 査読の有無<br>有               |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する             |

|                                                                                                                                |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshio, Mori Kanji, Honma Michio, Famiano Michael A., Kajino Toshitaka, Kusakabe Motohiko, Balantekin A. Baha | 4. 巻<br>260             |
| 2. 論文標題<br>Screening Effects on Electron-Capture Rates and Type Ia Supernova Nucleosynthesis                                   | 5. 発行年<br>2022年         |
| 3. 雑誌名<br>EPJ Web of Conferences                                                                                               | 6. 最初と最後の頁<br>06004/1~4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1051/epjconf/202226006004                                                                       | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|                                                                 |                      |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshio, Otsuka Takaharu                        | 4. 巻<br>62           |
| 2. 論文標題<br>Structure of Two-Neutron Halo in Light Exotic Nuclei | 5. 発行年<br>2021年      |
| 3. 雑誌名<br>Few-Body Systems                                      | 6. 最初と最後の頁<br>32/1-5 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s00601-021-01612-5          | 査読の有無<br>有           |
| オープンアクセス<br>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<br>-            |

|                                                                                                                                     |                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Choudhary Priyanka, Kumar Anil, Srivastava Praveen C., Suzuki Toshio                                                      | 4. 巻<br>103               |
| 2. 論文標題<br>Structure of $^{46,47}\text{Ca}$ from $\beta^-$ -decay of $^{46,47}\text{K}$ in the framework of the nuclear shell model | 5. 発行年<br>2021年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review C                                                                                                         | 6. 最初と最後の頁<br>064325/1-10 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevC.103.064325                                                                             | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |



|                                                                                                                                                                                                                                       |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Ziliani S., Ciemala M., Crespi F. C. L., Leoni S., Fornal B., Suzuki T., Otsuka T., Maj A., Bednarczyk P., Benzoni G., Bracco A., Boiano C., Bottoni S., Brambilla S., Bast M., Beckers M., Braunroth T., Camera F., et al. | 4. 巻<br>104               |
| 2. 論文標題<br>Complete set of bound negative-parity states in the neutron-rich nucleus 18N                                                                                                                                               | 5. 発行年<br>2021年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review C                                                                                                                                                                                                           | 6. 最初と最後の頁<br>L041301/1-6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevC.104.L041301                                                                                                                                                                              | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|                                                                                                                  |                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1. 著者名<br>Sasano M., Sagawa H., Suzuki T., Honma M.                                                              | 4. 巻<br>103                 |
| 2. 論文標題<br>Energy-weighted sum rule for Gamow-Teller giant resonances in high-spin isomeric states of N=Z nuclei | 5. 発行年<br>2021年             |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review C                                                                                      | 6. 最初と最後の頁<br>014308/1 ~ 10 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevC.103.014308                                                          | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                     |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>S. Bagchi, R. Kanungo, Y. K. Tanaka, H. Geissel, P. Doornenbal, W. Horiuchi, G. Hagen, T. Suzuki, N. Tsunoda, D. S. Ahn, H. Baba, K. Behr, F. Browne, S. Chen, M. L. Cortes, A. Estrade, N. Fukuda, M. Holl, K. Itahashi, N. Iwasa et al. | 4. 巻<br>124                |
| 2. 論文標題<br>Two-Neutron Halo is Unveiled in 29F                                                                                                                                                                                                      | 5. 発行年<br>2020年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Letters                                                                                                                                                                                                                   | 6. 最初と最後の頁<br>222504/1 ~ 7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevLett.124.222504                                                                                                                                                                                          | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する               |

|                                                                                                                         |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Famiano Michael A., Boyd Richard N., Kajino Toshitaka, Chiba Satoshi, Mo Yirong, Onaka Takashi, Suzuki Toshio | 4. 巻<br>20              |
| 2. 論文標題<br>Explaining the Variations in Isotopic Ratios in Meteoritic Amino Acids                                       | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>Astrobiology                                                                                                  | 6. 最初と最後の頁<br>964 ~ 976 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1089/ast.2019.2186                                                                       | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|                                                                                                                                         |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Tsunoda Naofumi, Otsuka Takaharu, Takayanagi Kazuo, Shimizu Noritaka, Suzuki Toshio, Utsuno Yutaka, Yoshida Sota, Ueno Hideki | 4. 巻<br>587           |
| 2. 論文標題<br>The impact of nuclear shape on the emergence of the neutron dripline                                                         | 5. 発行年<br>2020年       |
| 3. 雑誌名<br>Nature                                                                                                                        | 6. 最初と最後の頁<br>66 ~ 71 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1038/s41586-020-2848-x                                                                                   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Pereira-Lopez X., Fernandez-Dominguez B., Delaunay F., Achouri N.L., Orr N.A., Catford W.N., Assie M., Bailey S., Bastin B., Blumenfeld Y., Borcea R., Caamano M., Caceres L., Clement E., Corsi A., Curtis N., Deshayes Q., ... Otsuka T., ... Suzuki T., Thomas J.C et al. | 4. 巻<br>811                |
| 2. 論文標題<br>Low-lying single-particle structure of $^{17}\text{C}$ and the $N=14$ sub-shell closure                                                                                                                                                                                     | 5. 発行年<br>2020年            |
| 3. 雑誌名<br>Physics Letters B                                                                                                                                                                                                                                                            | 6. 最初と最後の頁<br>135939/1 ~ 7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.physletb.2020.135939                                                                                                                                                                                                                             | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する               |

|                                                                                                                                |                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Mori Kanji, Suzuki Toshio, Honma Michio, Famiano Michael A., Kajino Toshitaka, Kusakabe Motohiko, Balantekin A. Baha | 4. 巻<br>904               |
| 2. 論文標題<br>Screening Effects on Electron Capture Rates and Type Ia Supernova Nucleosynthesis                                   | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>The Astrophysical Journal                                                                                            | 6. 最初と最後の頁<br>29/1 ~ 29/6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3847/1538-4357/abbb32                                                                           | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|                                                                                                                            |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshio, Chiba Satoshi, Yoshida Takashi, Nakazato Ken'ichiro, Sakuda Makoto, Takahashi Koh, Umeda Hideyuki | 4. 巻<br>1643               |
| 2. 論文標題<br>Neutrino-nucleus reactions on oxygen and neon for nucleosynthesis and supernova neutrino detection              | 5. 発行年<br>2020年            |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Physics: Conference Series                                                                            | 6. 最初と最後の頁<br>012027/1 ~ 6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1088/1742-6596/1643/1/012027                                                                | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する               |

|                                                                                         |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Otsuka Takaharu, Gade Alexandra, Sorlin Olivier, Suzuki Toshio, Utsuno Yutaka | 4. 巻<br>92                |
| 2. 論文標題<br>Evolution of shell structure in exotic nuclei                                | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>Reviews of Modern Physics                                                     | 6. 最初と最後の頁<br>015002/1~52 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/RevModPhys.92.015002                                | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|                                                                       |                           |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki T, Balantekin A B, Kajino T, Chiba S                 | 4. 巻<br>46                |
| 2. 論文標題<br>Neutrino-13C cross sections at supernova neutrino energies | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics          | 6. 最初と最後の頁<br>075103/1-15 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1088/1361-6471/ab1c11                  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|                                                                                                                                                                                       |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshio, Zha Shuai, Leung Shing-Chi, Nomoto Ken'ichi                                                                                                                  | 4. 巻<br>881          |
| 2. 論文標題<br>Electron-capture Rates in $^{20}\text{Ne}$ for a Forbidden Transition to the Ground State of $^{20}\text{F}$ Relevant to the Final Evolution of High-density O-Ne-Mg Cores | 5. 発行年<br>2019年      |
| 3. 雑誌名<br>The Astrophysical Journal                                                                                                                                                   | 6. 最初と最後の頁<br>64/1-7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3847/1538-4357/ab2b93                                                                                                                                  | 査読の有無<br>有           |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する         |

|                                                                                                                                    |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Zha Shuai, Leung Shing-Chi, Suzuki Toshio, Nomoto Ken'ichi                                                               | 4. 巻<br>886           |
| 2. 論文標題<br>Evolution of ONeMg Core in Super-AGB Stars toward Electron-capture Supernovae: Effects of Updated Electron-capture Rate | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>The Astrophysical Journal                                                                                                | 6. 最初と最後の頁<br>22/1-19 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3847/1538-4357/ab4b4b                                                                               | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する          |

|                                                                                                                                   |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshio, Chiba Satoshi, Yoshida Takashi, Takahashi Koh, Umeda Hideyuki, Nomoto Ken'ichi                           | 4. 巻<br>223             |
| 2. 論文標題<br>Forbidden transitions in nuclear weak processes relevant to neutrino detection, nucleosynthesis and evolution of stars | 5. 発行年<br>2019年         |
| 3. 雑誌名<br>EPJ Web of Conferences                                                                                                  | 6. 最初と最後の頁<br>01063/1-4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1051/epjconf/201922301063                                                                          | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                        |                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1. 著者名<br>Reen M. S., Ou I., Sudo T., Fukuda D., Mori T., Ali A., Koshio Y., Sakuda M., Tamii A., Aoi N., Yosoi M., Ideguchi E., Suzuki T., Yamamoto T., Iwamoto C., Kawabata T., Adachi S., Tsumura M., Murata M., Furuno T., Akimune H., Yano T., Suzuki T., Dhir R. | 4. 巻<br>100                 |
| 2. 論文標題<br>Measurement of $\alpha$ rays from giant resonances excited by the $C^{12}(p, p^{\prime})$ reaction at 392 MeV and $0^{\circ}$                                                                                                                               | 5. 発行年<br>2019年             |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review C                                                                                                                                                                                                                                            | 6. 最初と最後の頁<br>024615/1 ~ 14 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevC.100.024615                                                                                                                                                                                                                | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する                |

|                                                                                             |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Kumar Anil, Srivastava Praveen C, Suzuki Toshio                                   | 4. 巻<br>2020              |
| 2. 論文標題<br>Shell model results for nuclear $\beta^{-}$ -decay properties of sd-shell nuclei | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>Progress of Theoretical and Experimental Physics                                  | 6. 最初と最後の頁<br>033D01/1-13 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/ptep/ptaa012                                            | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|                                                                                                                                                                |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1. 著者名<br>Suzuki Toshio, Chiba Satoshi, Yoshida Takashi, Balantekin A. Baha, Kajino Toshitaka, Honma Michio, Tsunoda Yusuke, Tsunoda Naofumi, Shimizu Noritaka | 4. 巻<br>31               |
| 2. 論文標題<br>Nuclear Weak Rates for Astrophysical Processes in Stars                                                                                             | 5. 発行年<br>2020年          |
| 3. 雑誌名<br>JPS Conf. Proc.                                                                                                                                      | 6. 最初と最後の頁<br>011039/1-4 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.7566/JPSCP.31.011039                                                                                                            | 査読の有無<br>有               |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する             |

[学会発表] 計17件(うち招待講演 6件/うち国際学会 17件)

|                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki                                                                               |
| 2. 発表標題<br>Neutrino-nucleus reactions on $^{40}\text{Ar}$ , 160 and 180                                |
| 3. 学会等名<br>US-Japan Workshop on Neutrino Interaction Measurements for Supernova Neutrinos (招待講演)(国際学会) |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                                        |

|                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki                                                                                        |
| 2. 発表標題<br>Theoretical Approach to the weak rates for astrophysics                                              |
| 3. 学会等名<br>16th International Symposium on the Origin of Matter and Evolution of Galaxies (OMEG16) (招待講演)(国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                                                 |

|                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki                                                                                                                   |
| 2. 発表標題<br>Neutrino-nucleus reactions induced by supernova neutrinos                                                                       |
| 3. 学会等名<br>International ERICE School of Nuclear Physics, 43rd Course, Neutrinos in Cosmology, Astro- Particle- and Nuclear Physics (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                                                                            |

|                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>T. Suzuki and T. Otsuka                                             |
| 2. 発表標題<br>Shell Evolution and Structure of Two-Neutron Halo in Exotic Nuclei  |
| 3. 学会等名<br>The 28th International Nuclear Physics Conference (INPC2022) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                |

|                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki                                                                                                 |
| 2. 発表標題<br>Electroweak nuclear structure: Nuclear weak rates for nuclear astrophysics based on nuclear structure studies |
| 3. 学会等名<br>Origin of Elements and Cosmic Evolution (招待講演) (国際学会)                                                         |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                                                          |

|                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>T. Suzuki, N. Shimizu, Y. Tsunoda, T. Otsuka and K. Nomoto                           |
| 2. 発表標題<br>Shell-model study of nuclear weak rates relevant to astrophysical processes in stars |
| 3. 学会等名<br>13th Internatinal Spring Seminar on Nuclear Physics (国際学会)                           |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                                 |

|                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>T. Suzuki, M. Honma, N. Shimizu, T. Otsuka, K. Mori and T. Kajino                 |
| 2. 発表標題<br>Roles of spin-dependent transitions in nuclei on astrophysical processes in stars |
| 3. 学会等名<br>The 24th International Spin Symposium (国際学会)                                      |
| 4. 発表年<br>2021年                                                                              |

|                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>T. Suzuki and T. Otsuka                                                  |
| 2. 発表標題<br>Shell evolution and structure of two-neutron halo in light exotic nuclei |
| 3. 学会等名<br>Colloque GANIL (国際学会)                                                    |
| 4. 発表年<br>2021年                                                                     |

|                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>T. Suzuki, K. Mori, M. Honma, M. A. Famiano, T. Kajino, M. Kusakabe and A. B. Balantekin |
| 2. 発表標題<br>Screening Effects on Electron Capture Rates and Type Ia Supernova Nucleosynthesis        |
| 3. 学会等名<br>The 16th International Symposium on Nuclei in the Cosmos (NIC16) (国際学会)                  |
| 4. 発表年<br>2021年                                                                                     |

|                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki and Takaharu Otsuka                                                           |
| 2. 発表標題<br>Structure of two-neutron halo in light exotic nuclei                                        |
| 3. 学会等名<br>Yamada Conference LXXII: 8th Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2021年                                                                                        |

|                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki, A. Baha Balantekin, Toshitaka Kajino, and Satoshi Chiba                  |
| 2. 発表標題<br>Neutrino-induced reactions on $^{13}\text{C}$ and $^{16}\text{O}$ at supernova energies |
| 3. 学会等名<br>Conference on Neutrino and Nuclear Physics (CNNP2020) (国際学会)                            |
| 4. 発表年<br>2020年                                                                                    |

|                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki                                                                       |
| 2. 発表標題<br>Electron-capture rates in a forbidden transition in $^{20}\text{Ne}$                |
| 3. 学会等名<br>International Workshop on electron-Capture Initiated Stellar Collapse (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                                |

|                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki, Satoshi Chiba, Takashi Yoshida, Koh Takahashi, Hideyuki Umeda, and Ken'ichi Nomoto                      |
| 2. 発表標題<br>Forbidden transitions in nuclear weak processes relevant to neutrino detection, nucleosynthesis and evolution of stars |
| 3. 学会等名<br>The IV International Conference on Nuclear Structure and Dynamics (NSD2019) (国際学会)                                     |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                                                                   |

|                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki                                                                  |
| 2. 発表標題<br>Formation of two-neutron halo at the dripline                                  |
| 3. 学会等名<br>International Workshop on Challenges in Direct Nuclear Reactions (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                           |

|                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki, Satoshi Chiba, Takashi Yoshida, Koh Takahashi, Hideyuki Umeda, Ken'ichiro Nakazato, and Makoto Sakuda |
| 2. 発表標題<br>Neutrino-nucleus reactions on oxygen and neon for nucleosynthesis and supernova neutrino detection                   |
| 3. 学会等名<br>International Nuclear Physics Conference 2019 (INPC2019) (国際学会)                                                      |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki                                                                                                                                                                     |
| 2. 発表標題<br>Neutrino-nucleus reactions and scatterings for neutrino detection                                                                                                                 |
| 3. 学会等名<br>International School of Nuclear Physics, 41th Course, Star Mergers, Gravitational Waves, Dark Matter and Neutrinos in Nuclear, Particle and Astro-Physics and in Cosmology (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                                                                                                                              |



|                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Toshio Suzuki                                                                                                           |
| 2. 発表標題<br>Roles of nuclear weak rates on astrophysical processes in stars                                                         |
| 3. 学会等名<br>Internationa Workshop on Origin of Elements and Cosmic Evolution: From Big-Bang to Supernovae and Mergers (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                                                                    |

〔図書〕 計2件

|                                                                                                                          |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名<br>Toshio Suzuki                                                                                                  | 4. 発行年<br>2022年 |
| 2. 出版社<br>Springer Singapore                                                                                             | 5. 総ページ数<br>22  |
| 3. 書名<br>Weak Interactions in Evolving Stars, in Handbook of Nuclear Physics, eds. by I. Tanihata, H. Toki and T. Kajino |                 |

|                                                                                                                                                                                                      |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名<br>T. Suzuki, S. Shibagaki, T. Yoshida, T. Kajino, T. Otsuka                                                                                                                                  | 4. 発行年<br>2019年 |
| 2. 出版社<br>Springer                                                                                                                                                                                   | 5. 総ページ数<br>4   |
| 3. 書名<br>R-Process Nucleosynthesis in Core-Collapse Supernova Explosions and Binary Neutron Star Mergers, in Nuclei in the Cosmos XV, eds. by A. Formicola, M. Junker, L. Gialanella and G. Imbriani |                 |

〔産業財産権〕

〔その他〕

|                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Electron-eating neon causes star to collapse<br/> <a href="https://www.ipmu.jp/en/20200330-ElectronCapture">https://www.ipmu.jp/en/20200330-ElectronCapture</a></p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)       | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|-------|---------------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 本間 道雄<br><br>(HONMA Michio)     |                       |    |
| 研究協力者 | 千葉 敏<br><br>(CHIBA Satoshi)     |                       |    |
| 研究協力者 | 梶野 敏貴<br><br>(KAJINO Toshitaka) |                       |    |
| 研究協力者 | 森 寛治<br><br>(MORI Kanji)        |                       |    |
| 研究協力者 | 野本 憲一<br><br>(NOMOTO Kenichi)   |                       |    |
| 研究協力者 | 清水 則孝<br><br>(SHIMIZU Noritaka) |                       |    |
| 研究協力者 | 角田 祐介<br><br>(TSUNODA Yusuke)   |                       |    |
| 研究協力者 | 角田 直文<br><br>(TSUNODA Naofumi)  |                       |    |

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                               |                             |                           |  |
|---------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--|
| 中国      | Beihang University                    | University of Hong Kong     | Sun Yat-Sen University    |  |
| 米国      | University of Wisconsin               | Western Michigan University | Michigan State University |  |
| インド     | Indian Institute of Technology Rookee |                             |                           |  |
| カナダ     | Saint Mary's University               |                             |                           |  |
| スペイン    | Univ. of Santiago de Compostela       |                             |                           |  |
| フランス    | GANIL                                 |                             |                           |  |
| イタリア    | University of Milano                  |                             |                           |  |