III. 原子核物理研究部門

1.メンバー

教授	中務　孝、矢花一浩（量子物性部門兼務）
講師	橋本幸男
助教	日野原伸生
研究員	温凱、Bharat Kumar (2020.4 転出)
学生	大学院生　5 名、学類生　1 名

2.概要

本部門では、核子(陽子・中性子)の多体系である原子核や中性子星の構造・反応・応答などの多核子量子ダイナミクスの研究を推進している。安定線（ハイゼンベルグの谷）から離れた放射性アイソトープの原子核の構造と反応、エキゾチックな励起状態の性質、様々な集団運動の発現機構など、未解決の謎の解明に取り組んでいる。原子核の研究は、フェルミ粒子の量子多体系計算という観点で、物質科学や光科学、冷却原子系の物理と密接なつながりをもつ。また、クォーク・グルーオンのダイナミクスを記述する格子 QCD に基づく核力の計算、軽い原子核の直接計算などが進展する中、素粒子物理学との連携も重要性が増している。ニュートリノの解明に向けたニュートリノレス二重ベータ崩壊の観測実験や、素粒子標準模型のテストに関わる実験などにも原子核理論の精密計算が不可欠とされている。また、元素の起源や星の構造、中性子星の誕生にも関わる爆発的天体現象にも原子核の性質は深く関わり、宇宙物理学とも密接に関係している。これらに関して、大型科研費等の中でこれまで主に他機関の研究者等との協力を行なって来たが、今後はセンター内の部門を超えた協力関係の構築にも努力したい。さらに、原子力工学分野や応用分野との連携が重要になってきており、本部門も理論計算核データ構築を行ってきた。これに関連した JST-ImPACT プロジェクトは 2018 年度で終了しているが、今後も核データの公開と更新を続けて行く予定である。本部門のメンバーはこのような幅広い課題に取り組み、分野の枠を超えた研究を推進している。

3.研究成果

[1] 中性子星クラスト構造に対する有限温度平均場アプローチの開発（柏葉（D3）、中務）

対凝縮による核子超流動性を考慮した有限温度ハートレー・フォック・ボゴリューボフ（HFB）計算を、離散化した３次元座標空間を基底に取るソルバーの開発を実施した。昨年

度までに、大次元行列の対角化を避ける方法として、複素エネルギー面上でのグリーン関数の積分から通常密度・対密度を計算し、グリーン関数をクリロフ・アルゴリズムに基づく反復解法で求める方法を開発し、その有効性を確かめた。今年度は、このアプローチにおいて必要な代数方程式の解法や、最終的に収束した密度における準粒子状態を求める方法などにさらに改良を施した。シフト法の利用により、多数の異なる複素エネルギー点での代数方程式を一度に解くことができるが、ここにも複数のアルゴリズムを試すことで、COCR（Conjugate Orthogonal Conjugate Residual）法を採用した。

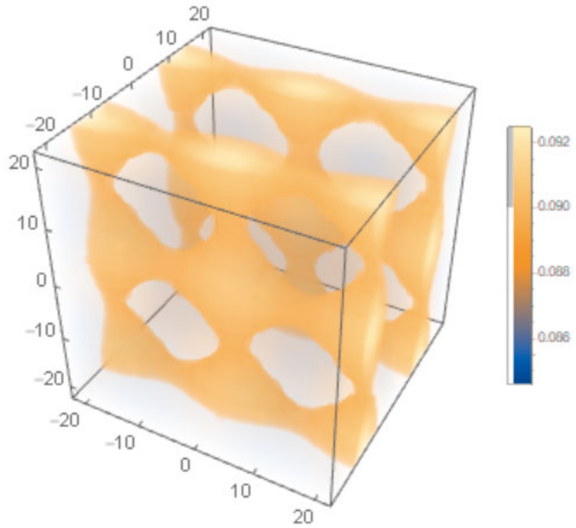

図 1　中性子化学ポテンシャルを $\mu_n = 10$ MeV とした場合の構造。温度 $T = 300$ keV、計算に用いたセルの大きさは $(45\ \mathrm{fm})^3$。

中性子星の内殻（インナー・クラスト）に対する計算を実行した。この計算により、fcc 相を出発点として中性子の化学ポテンシャルを大きくしていくと、その構造が変化し、穴の空いた板状の原子核（スイス・チーズのような構造）が出現することが予言された。計算によって出現した構造を図 1 に示す。

[2] ^{136}Nd 核の高スピン状態における八重極相関（C. Petrache（サクレー）、中務）

^{136}Nd の高スピン状態の研究が実験的に進められ、特に近年フィンランド・ユバスキラにおけるガンマ線検出器 JUROGAM II を用いた研究により詳細な分光学的研究が実行された。最新の実験データは、大きな角運動量をもつ高スピン状態において、負パリティの回転バンドが正パリティのバンドに遷移することが明らかにされた。通常高スピンにおいては、電気四重極遷移強度が大きいためにバンド内遷移が圧倒的に優勢であり、別のバンドに崩壊することは異常な振る舞いと言える。この実験データを理解するため、回転殻模型に基づく乱雑位相近似計算を実行した。原子核の回転を早めると、八重極相関の強さは一旦小さくなるが、回転角速度が $\omega = 400$ keV を超えると、再び強くなることが計算で示された。これは、基底バンドが構造を変化させて s バンドと呼ばれるバンドに変化することに伴っている（図 2）。この計算結果は、実験で観測された高スピンでのバンド間遷移が、回転にアシストされた八重極相関に起因するという可能性を示唆している。周辺核を含めた広い領域での実験的・理論的研究を現在進めている。

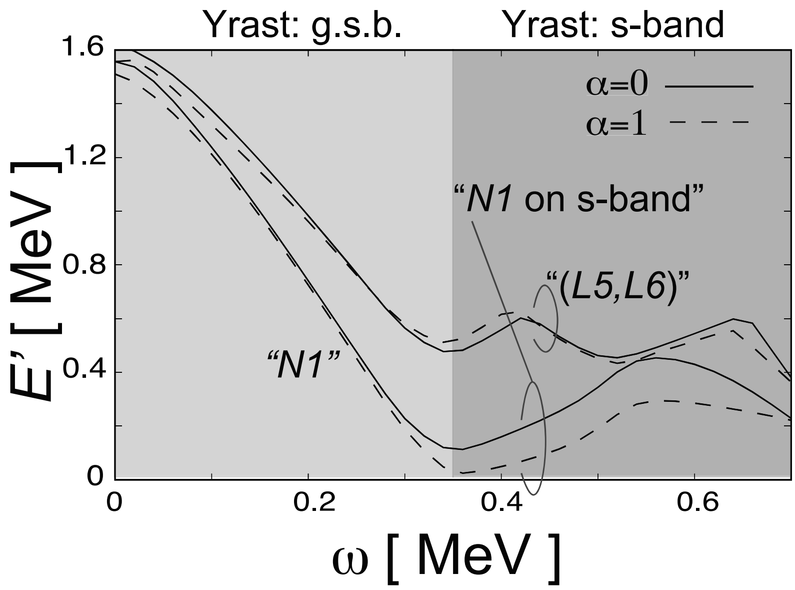

図 2　イラスト・バンド上の八重極振動状態に関する回転殻模型＋準粒子乱雑位相近似計算の結果。回転角速度が $\omega = 0.35$ MeV 付近でイラスト・バンドが構造変化を起こし、振動励起状態の集団性が回復することを示唆している。

[3] ベータ崩壊への pn 対相関効果の解析（阿部（M2）、日野原、中務）

対相関は、核内核子がペアを作ることでエネルギーを下げる相関であり、通常は同種粒子対（陽子対、中性子対）を考える。しかし、陽子と中性子がほぼ同数の原子核では、これに加えて陽子と中性子が対を作る相関も重要となる。また、r 過程、rp 過程などの元素合成過程において重要な役割を果たすベータ崩壊は、原子核の中性子数・陽子数とその偶奇性を変えることから、対相関はベータ崩壊の性質に影響することが考えられる。本研究では、so(8)模型と呼ばれる模型を用いて、この影響を解析した。アイソスカラー型・アイソベクトル型のすべての s 波対相関を厳密に考慮するモデルとなっている。これまで、中性子数が陽子数よりも大きな原子核では、アイソスカラー型対相関の影響は小さいと考えられてきたが、この解析により、ベータ崩壊に主要な成分であるガモフ・テラー遷移は、アイソスカラー型対相関の強さに敏感であり、その強度を強めることが分かった。

[4] C12 と O20 の衝突におけるポテンシャルエネルギーと超流動性（橋本、晏（北京師範大））

今年度は、炭素 ^{12}C と酸素 ^{20}O の衝突におけるポテンシャルエネルギーについて超流動性の効果を調べる方法を開発してきた。昨年度から開発している密度依存 TDHFB の方法（DCTDHFB）を実際に炭素 ^{12}C と酸素 ^{20}O の融合過程に適用してふたつの原子核の間のポテンシャルエネルギーを求め、特に、対相関テンソルがポテンシャルエネルギーに引き起こす影響を調べてきた。図 3 では、TDHFB による衝突過程での密度変化を再現する "density constrained" のポテンシャル曲線と密度変化を初期状態に固定した "frozen density" のポテン

シャル曲線がほぼ同じ形で表現されている。一方、対相関テンソルも考慮した場合 “density + pairing constrained” の曲線は、距離が 9 fm 以下で浅くなる傾向が見える。今後の計算精度の向上によりポテンシャル曲線を明確にしていく。

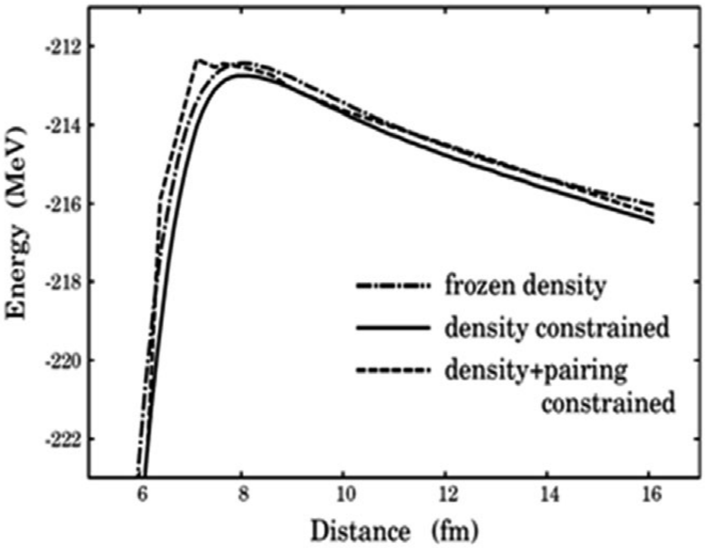

図 3 炭素 ^{12}C と酸素 ^{20}O の TDHFB 計算におけるポテンシャル曲線。一点鎖線は固定密度の参照線、実線は TDHFB の密度分布を用いたポテンシャル曲線、破線は対テンソルの効果を入れた場合のポテンシャル曲線。

[5] KIDS 密度汎関数を用いた変形核の計算（Gil（高麗大），日野原、Hyun（大邱大），吉田（京都大））

核物質の性質を表現できるように低エネルギー少数核子系有効理論に基づいて開発された原子核密度汎関数 KIDS (Korea:IBS-Daegu-Sungkyunkwan)では核物質のほか、球形核についてその有効性が示されてきた。KIDS 密度汎関数を軸対称変形の記述が可能な原子核密度汎関数法計算コード HFBTHO に実装し、$^{60\text{-}160}$Nd 同位体の計算を行った。束縛エネルギー、半径、2 中性子分離エネルギー、四重極変形などを系統的に分析し、他の密度汎関数と同程度の精度で変形核も含めてこれらの基底状態での実験データを再現・予言できることを示した。また図 4 のように束縛エネルギーの実験との差は中性子過剰核側に行くにつれて大きくなるが、対称エネルギーの slope parameter の値を変えることによって、実験データとの差の同位体依存性を小さくすることができることを示した。本研究は日中韓フォーサイト事業「21 世紀の原子核物理学」の一環として韓国との共同研究によって進められた。

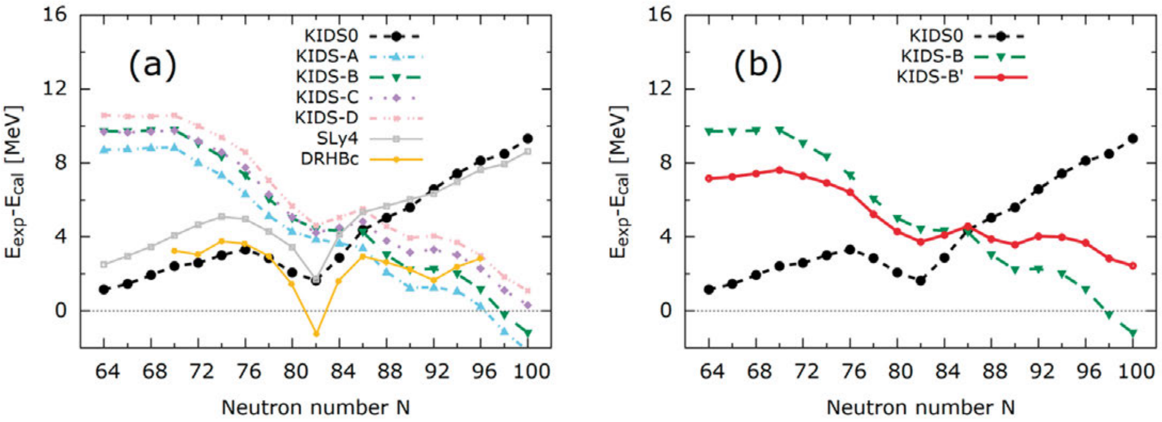

図 4　Nd 同位体の基底状態エネルギーの実験値と理論値の差の同位体依存性。KIDS0 の他に核物質の状態方程式パラメター を変えた計算結果も示す。

[6] ニュートリノを 2 つ放出する二重ベータ崩壊原子核行列要素の有限振幅法による効率的な計算（日野原）

ニュートリノレス二重ベータ崩壊の原子核行列要素の値の精密な評価はマヨラナニュートリノの有効質量を導出する上で重要であるが、この行列要素はアイソスカラー型の中性子—陽子対相関によって強く抑制されるため、この相関の相互作用定数を決定する必要がある。ニュートリノを 2 つ放出する二重ベータ崩壊は豊富に実験データがあり、ニュートリノの質量と関係するニュートリノレス二重ベータ崩壊と同様にアイソスカラー型の中性子—陽子対相関によって抑制されるため、アイソスカラー型の相互作用の決定に向け、有限振幅法によ

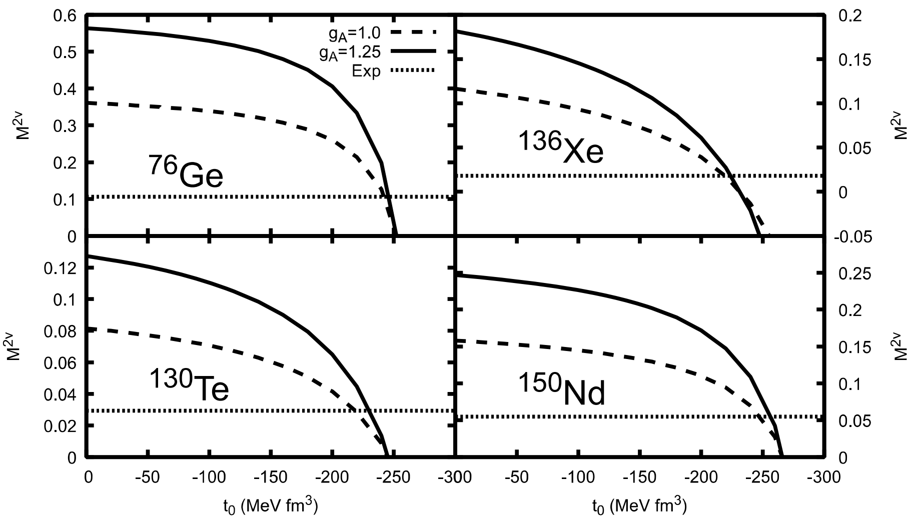

図 5　^{76}Ge, ^{130}Te, ^{136}Xe, ^{150}Nd のニュートリノを 2 つ放出する二重ベータ崩壊原子核行列要素のアイソスカラー対相関強度依存性。有限振幅法による計算。

って求めた応答関数の二重複素積分によってこの原子核行列要素を効率よく計算する手法の実装を行っている。今年度は現実的なサイズの一粒子模型空間での計算のためのコードの並列化、収束性のよい積分経路の設定および離散化の方法を実装し、^{76}Ge, ^{130}Te, ^{136}Xe, ^{150}Nd の二重ベータ崩壊での原子核行列要素の中性子—陽子対相関依存性の先行研究との比較を行った。

[7] Calculation of the microscopically derived collective inertial masses for nuclear reactions in the presence of time-odd mean-field potential and paring interaction (Wen)

Collective inertial mass coefficients with respect to translational, relative, and rotational motions are microscopically calculated, based on the adiabatic self-consistent collective coordinate (ASCC) method. The impact of the time-odd component of the mean-field potential on the inertial masses are investigated. The results are compared with those calculated with other methods, such as the cranking formulae. The inertial masses based on the ASCC method reproduce the exact total nuclear mass for the translational motion as well as the expected asymptotic values for the relative and rotational motions, regardless of the existence of the time-odd component. On the other hand, the cranking formulae fail to do so when the time-odd components are present. The astrophysical S-factors are calculated with different inertial masses and compared with the conventional results.

At the same time, I was applying the Adiabatic Self-consistent Collective Coordinate (ASCC) method to Hartree-Fock-Bogoliubov (HFB) States, in order to calculate the optimal collective motion path, as well as the collective inertial mass parameters in the presence of paring interaction, preliminary results have been obtained.

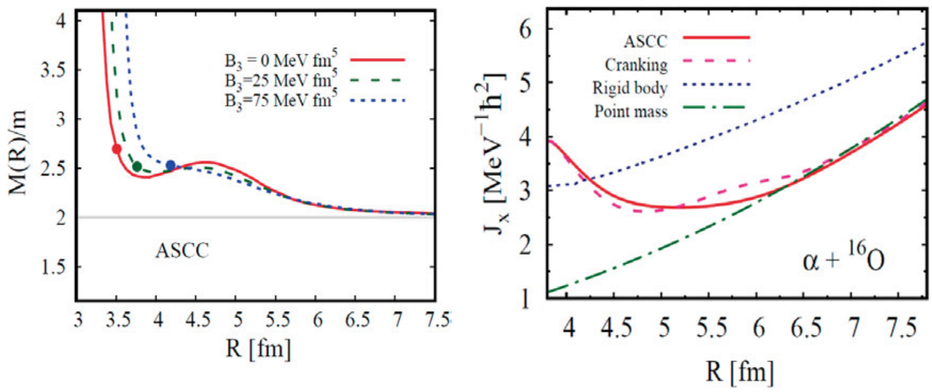

図 6 (Left panel) Inertial mass M(R) of relative motion for the reaction α+ α as a function of the relative distance R, in the presence of time-odd mean-fields with different strength. (Right panel) Rotational moments of inertias calculated in different ways as a function of relative distance R, for the system α +^{16}O.

[8] Warm dense matter and cooling of supernovae remnants (Kumar (HBNI), Das (HBNI), Biswal (Xiamen Univ), Kumar (CCS/NIT Rourkela), S.K. Patra (HBNI))

I recently worked with my colleague on “Investigation of the thermal effects on the nuclear matter.” This paper aims to explore the thermal properties of dense matter and the cooling mechanism of supernovae remnants through the direct Urca process. We used RMF formalism as the basic ingredient to obtain the EoS for warm dense matter and the newly born proto-neutron star. The acquired EoS has been used further to explore the various nuclear matter properties. We also extend our calculations to study neutrino emissivity (see Figure 7), responsible for cooling the newly born dense star via the direct Urca process.

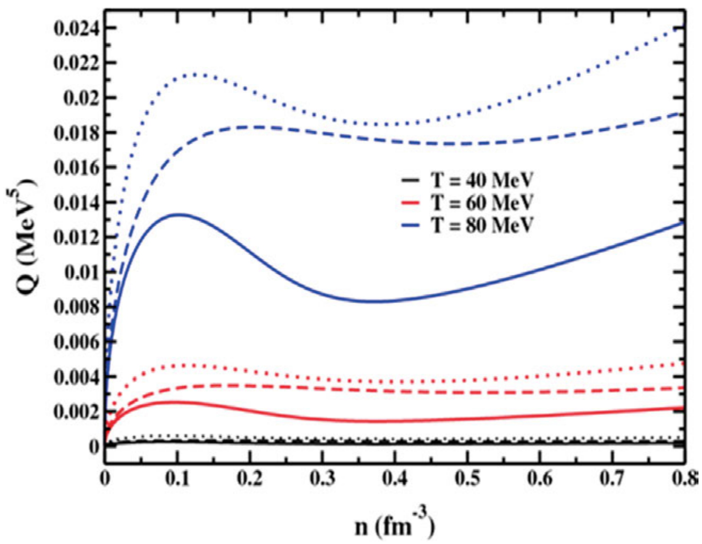

図 7　Neutrino emissivity at different temperatures as a function of nucleon density.

4.教育

学位

1. 阿部克　修士（理学）
   ベータ崩壊強度における p-n 対相関の効果
2. 杉浦大航　修士（理学）
   1 次元周期ポテンシャル模型による高次高調波発生の分析

集中講義など

1. T. Nakatsukasa, “Multi-facet properties of nuclei” (Dec. 1), “Basic concepts of nuclear energy density functional theories” (Dec. 4), Lectures at Peking University, Beijing, China (Online), December 1 & 4, 2020.

5.受賞、外部資金、知的財産権等

外部資金

1. 日本学術振興会科学研究費・基盤研究(B)、中務　孝、代表、2018 – 2021 年、全年度直接経費：13,200,000 円　（2020 年度直接経費：4,200,000 円）、「密度汎関数超並列ソルバの開発と原子核から中性子星までの統一的高精度計算」.
2. 日本学術振興会科学研究費・新学術領域研究(研究領域提案型：研究領域「量子クラスターで読み解く物質の階層構造」)(公募研究)、中務　孝、代表、2019 – 2020 年、全年度直接経費：2,300,000 円（2020 年度直接経費：1,200,000 円）、「量子クラスター出現機構と低エネルギー核反応の非経験的記述」.
3. 日本学術振興会科学研究費・基盤研究(C)、日野原　伸生、代表、2020 – 2023 年、前年度直接経費：3,300,000 円（2020 年度直接経費：900,000 円）、「原子核密度汎関数理論による中性子過剰不安定核の対相関の研究」.
4. 日本学術振興会科学研究費・新学術領域研究(研究領域提案型：研究領域「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」)(公募研究)、日野原　伸生、代表、2020 – 2021 年、全年度直接経費：1,800,000 円（2020 年度直接経費：900,000 円）、「有限振幅法を用いた原子核密度汎関数理論による二重ベータ崩壊行列要素計算」.
5. 日本学術振興会科学研究費・国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(A))、日野原　伸生、代表、2020 – 2022 年、全年度直接経費：6,300,000 円、「中性子–陽子対密度汎関数の最適化」.
6. 日本学術振興会科学研究費・若手研究、温　凱、代表、2020 - 2023 年、全年度直接経費：2,300,000　円（2020 年度直接経費：500,000 円）、「Macroscopic Nuclear Dynamics with Microscopic Foundations」.

6.研究業績

(1) 研究論文

A. 査読付き論文

1. Y. Kashiwaba, T. Nakatsukasa, “Coordinate-space solver for finite-temperature Hartree-Fock-Bogoliubov calculations using the shifted Krylov method”, Phys. Rev. C **101**, 045804 (2020).
2. C.M. Petrache, N. Minkov, T. Nakatsukasa, B. F. Lv, A. Astier, E. Dupont, K. K. Zheng, P. Greenlees, H. Badran, T. Calverley, D. M. Cox, T. Grahn, J. Hilton, R. Julin, S. Juutinen, J. Konki, J. Pakarinen, P. Papadakis, J. Partanen, P. Rahkila, P. Ruotsalainen, M. Sandzelius, J. Saren, C. Scholey, J. Sorri, S. Stolze, J. Uusitalo, B. Cederwall, A. Ertoprak, H. Liu, S. Guo, M. L. Liu, J. G. Wang, X. H. Zhou, I. Kuti, J. Timár, A. Tucholski, J. Srebrny, and C. Andreoiu et al., “Signatures of moderately enhanced octupole correlations at high spin in ^{136}Nd”, Phys. Rev. C **102**, 014311 (2020).

3. K. Washiyama, N. Hinohara, and T. Nakatsukasa, “Finite-amplitude method for collective inertia in spontaneous fission”, Phys. Rev. C **103**, 014306 (2021).
4. T. Nakatsukasa, Y. Kashiwaba, F. Ni, K. Washiyama, K. Wen, N. Hinohara, “Nuclear structure and reaction with quantum shape fluctuation”, JPS Conf. Proc. **32**, 010024 (2020).
5. H. C. Das, A. Kumar, B. Kumar, S. K. Biswal, T. Nakatsukasa, A. Li, and S. K. Patra “Effects of dark matter on the nuclear and neutron star matter”, MNRAS **495**, 4893–4903 (2020).
6. Y. Hashimoto, “Friction coefficient in reaction ^{20}O+^{20}O by Gogny-TDHFB method”, INFORMATION **23**, 233-245 (2020).
7. J. Ha, T. Sumikama, F. Browne, N. Hinohara, A. M. Bruce, S. Choi, I. Nishizuka, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Lorusso, P.-A. Söderström, H. Watanabe, R. Daido, Z. Patel, S. Rice, L. Sinclair, J. Wu, Z. Y. Xu, A. Yagi, H. Baba, N. Chiga, R. Carroll, F. Didierjean, Y. Fang, N. Fukuda, G. Gey, E. Ideguchi, N. Inabe, T. Isobe, D. Kameda, I. Kojouharov, N. Kurz, T. Kubo, S. Lalkovski, Z. Li, R. Lozeva, H. Nishibata, A. Odahara, Zs. Podolyák, P. H. Regan, O. J. Roberts, H. Sakurai, H. Schaffner, G. S. Simpson, H. Suzuki, H. Takeda, M. Tanaka, J. Taprogge, V. Werner, and O. Wieland, “Shape evolution of neutron-rich ^{106,108,110}Mo isotopes in the triaxial degree of freedom”, Phys. Rev. C **101**, 044311 (2020) (Editors' Suggestion).
8. Y. Shi, N. Hinohara, and B. Schuetrumpf, “Implementation of nuclear time-dependent density-functional theory and its application to the nuclear isovector electric dipole resonance”, Phys. Rev. C **102**, 044325 (2020).
9. A. Kumar, H.C. Das, S.K. Biswal, B. Kumar, S.K. Patra, “Warm dense matter and cooling of supernovae remnants”, Eur. Phys. J. C **80**, 775 (2020).
10. A. Quddus, G. Panotopoulos, B. Kumar, S. Ahmad, and S. K. Patra, “GW170817 constraints on the properties of a neutron star in the presence of WIMP dark matter”, J. Phys. G **47** (2020) 095202.
11. G. Scamps, C. Simenel, “Effect of octupole correlations on fission of light nuclei”, JPS Conf. Proc. **32**, 010007 (2020).
12. S. Ayik and K. Sekizawa, “Kinetic energy dissipation and fluctuations in strongly-damped heavy-ion collisions within the stochastic mean-field approach”, Phys. Rev. C **102**, 064619 (2020).
13. K. Sekizawa and S. Ayik, “Quantal diffusion approach for multinucleon transfer processes in the ^{58,64}Ni+^{208}Pb reactions: Toward the production of unknown neutron-rich nuclei”, Phys. Rev. C **102**, 014620 (2020).
14. H.M. Albers, J. Khuyagbaatar, D.J. Hinde, I.P. Carter, K.J. Cook, M. Dasgupta, Ch.E. Düllmann, K. Eberhardt, D.Y. Jeung, S. Kalkal, B. Kindler, N.R. Lobanov, B. Lommel, C.

Mokry, E. Prasad, D.C. Rafferty, J. Runke, K. Sekizawa, C. Sengupta, C. Simenel, E.C. Simpson, J.F. Smith, P. Thörle-Pospiech, N. Trautmann, K. Vo-Phuoc, J. Walshe, E. Williams, and A. Yakushev, "Zeptosecond contact times for element Z=120 synthesis", Phys. Lett. B **808**, 135626 (2020).

15. K. Washiyama and K. Sekizawa, "TDHF and a macroscopic aspect of low-energy nuclear reactions", Front. Phys. **8**, 93 (2020).

B. 査読無し論文

なし

(2) 国際会議発表

A. 招待講演

1. K. Yoshida, "Collaborative works on nuclear masses and beta-decay rates toward A3 nuclear-data LIBrary (A3LIB)", JSPS/NRF/NSFC A3 Foresight Program "Nuclear Physics in the 21st Century" Joint Annual Meeting, Huizhou, Guangzhou, China and Online, Nov. 18 - 19, 2020.
2. K. Yoshida, "The A3LIB program: Microscopic nuclear data for r-process", KEK workshop on Beta decay, r-process, and related weak-interaction processes, Online, Feb. 19, 2021.

B. 一般講演

1. T. Nakatsukasa, "Quantum dynamics in nuclei and neutron stars", 12th symposium on Discovery, Fusion, Creation of New Knowledge by Multidisciplinary Computational Sciences, Tsukuba, Japan, October 6, 2020 [代理発表：日野原].
2. N. Hinohara, "Calculation of double-beta decay nuclear matrix elements using QRPA", 12th symposium on Discovery, Fusion, Creation of New Knowledge by Multidisciplinary Computational Sciences, Tsukuba, Japan, October 6, 2020.

(3) 国内学会・研究会発表

A. 招待講演

1. 日野原伸生、「ニュートリノレス二重ベータ崩壊原子核行列要素計算の現状」、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊とその周辺、オンライン、2021 年 2 月 12、15 日 (チュートリアル講演).
2. 日野原伸生、「Effect of pairing and deformation on nuclear charge distribution」、ELPH 研究会 C028「電子散乱による原子核研究ー原子核の電荷密度・陽子・中性子の分布と半径ー」、オンライン、2021 年 3 月 18、19 日.

3. K. Yoshida, “Charge-exchange dipole modes of excitation in neutron-rich nuclei”, RCNP Colloquium / RCNP NEWS Colloquium, Online, Sep. 25, 2020.
4. 吉田賢市、「原子核密度汎関数法の進展：不安定核の集団的・一粒子的運動」KEK 理論センター研究会「原子核・ハドロン物理 2020」、2020 年 10 月 9 日.
5. 吉田賢市、「Resonant collective modes of excitation」、RCNP 研究会「原子核における多様な共鳴現象とそれを探る核反応機構」、2021 年 1 月 18 - 20 日.
6. 関澤一之、「フェルミ粒子系超流動ダイナミクスの数値シミュレーション」、第 76 回日本物理学会年次大会 素粒子論領域・理論核物理領域合同シンポジウム「富岳・ポスト富岳時代の素粒子原子核物理学」、オンライン、2021 年 3 月 12 日.
7. 関澤一之、「時間依存密度汎関数法による原子核ダイナミクスの研究：最近の進展」、KEK 理論センターオンラインミーティング、2020 年 9 月 29 日.

B. その他の発表

1. 中務孝、「Microscopic collective inertial masses in nuclear reaction」、第３回クラスター階層領域研究会、オンライン、2020 年 5 月 18 日.
2. 中務孝、「原子核および中性子星における超流動ダイナミクス」、第７回「京」を中核とする HPCI システム利用研究課題成果報告会、～「京」から「富岳」へ 新しい HPCI 時代に向けて～、オンライン、2020 年 11 月 29 - 30 日（ポスター発表）.
3. 日野原伸生、「有限振幅法を用いた原子核密度汎関数理論による二重ベータ崩壊行列要素計算」、第２回新学術「地下宇宙」領域研究会、オンライン、2020 年 6 月 2 - 3 日.
4. 日野原伸生、「2 ニュートリノ二重ベータ崩壊原子核行列要素を用いたアイソスカラー型対相関結合定数の決定」、日本物理学会 2020 年秋季大会、オンライン、2020 年 9 月 14 - 17 日.
5. 日野原伸生、「原子核密度汎関数法による対振動・対移行反応の記述」、日本物理学会第 76 回年次大会、オンライン、2021 年 3 月 12 - 15 日.
6. 吉田賢市、「Functional-renormalization group for superconducting DFT and the exact form of Kohn--Sham potential」、日本物理学会 2020 年秋季大会、オンライン、2020 年 9 月 14 - 17 日.
7. 吉田賢市、「Charge-exchange dipole excitations: roles of deformation and neutron excess」、日本物理学会第 76 回年次大会、オンライン、2021 年 3 月 12 - 15 日.
8. 関澤一之, G. Wlazłowski, and P. Magierski、「不安定核生成の予言へ向けた時間依存密度汎関数法の拡張とその応用」、第 7 回「京」を中核とする HPCI システム利用研究

課題成果報告会 ～「京」から「富岳」へ 新しい HPCI 時代に向けて～、オンライン、2020 年 10 月 30 日 (ポスター発表).

9. K. Sekizawa, A. Barresi, A.E. Makowski, B. Tüzemen, M.C. Barton, S. Jin, P. Magierski, G. Wlazłowski, A. Bulgac, K.J. Roche, D.Z. Pęcak, M.J. Tylutki, K. Kobuszewski, I. Stetcu, I. Abdurrahaman, G. Scamps, and J. Grineviciute、「Superfluid Dynamics within Time-Dependent Density Functional Theory」、第 7 回「京」を中核とする HPCI システム利用研究課題成果報告会 ～「京」から「富岳」へ 新しい HPCI 時代に向けて～、オンライン、2020 年 10 月 30 日 (ポスター発表).
10. 関澤一之、小林空高、松尾正之、「時間依存バンド理論による中性子星内殻スラブ相における反エントレインメント効果」、日本物理学会 2020 年秋季大会、オンライン、2020 年 9 月 14 日.

(4) 著書、解説記事等

1. 橋本幸男、"Quantum Theory of Many-Particle Systems, Nuclear Models"、La Toccata（ラ・トッカータ）、日本物理学会誌 Vol. **75**、No.11、pp.709-710 (2020).

7.異分野間連携・産学官連携・国際連携・国際活動等

異分野間連携（センター内外）

1. 量子物性部門との密度汎関数理論計算手法に関する協力
   特に今年度は Thomas-Fermi 近似計算に関する協力を実施.
2. ニュートリノレス二重ベータ崩壊実験に関する素粒子理論、素粒子・原子核実験分野との連携.

産学官連携

国際連携・国際活動

1. 日中韓フォーサイト事業「２１世紀の原子核物理」2019-2023（中務）.
2. ポーランド・ワルシャワ工科大学の原子核理論グループと共同で、実空間 TDHFB 計算（中務）.
3. 韓国・高麗大・大邱大と KIDS 密度汎関数を用いた変形核計算の共同研究を日中韓フォーサイト事業「２１世紀の原子核物理」の一環として実施（日野原）.

8.シンポジウム、研究会、スクール等の開催実績

1. Organizing committee for 12th symposium on Discovery, Fusion, Creation of New Knowledge by Multidisciplinary Computational Sciences, Tsukuba (Online), Japan Oct. 6, 2020（中務 [Chair]、日野原）.

2. Chair of organizing committee for RIBF Users Meeting 2020, Online, Sep. 8-10, 2020（日野原）.
3. 研究会「ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊とその周辺」を開催、2021 年 2 月 12,15 日(オンライン)（日野原）.

9.管理・運営

組織運営や支援業務の委員・役員の実績

中務　孝

計算科学研究センター 原子核物理研究部門 部門主任

計算科学研究センター 運営委員会委員

計算科学研究センター 人事委員会委員

計算科学研究センター 運営協議会委員

計算科学研究センター 共同研究担当主幹

計算科学研究センター 共同研究委員会および共同研究運用委員会 委員長

計算科学研究センター 学際計算科学連携室員

計算科学研究センター 情報セキュリティ委員

数理物質系物理学域 運営委員会委員

理工学群物理学類 学務委員・カリキュラム委員長

最先端共同 HPC 基盤施設 大規模 HPC チャレンジ審査委員会 副委員長

HPCI コンソーシアム機関代表

日野原伸生

計算科学研究センター 先端計算科学推進室員

計算科学研究センター 情報セキュリティ委員

10.社会貢献・国際貢献

中務 孝

Editor for Journal of Physical Society of Japan

Editor for International Journal of Modern Physics E

JAEA タンデム専門委員会委員

京都大学基礎物理学研究所・運営協議会委員

高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・運営会議議員

高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・常置人事委員会委員

高エネルギー加速器研究機構・自己評価委員会委員

素粒子論奨学会運営委員・中村誠太郎賞選考委員

核理論委員会委員

日野原伸生

RIBF-UEC 委員（Chair: 2020 年 4 月 - 2022 年 3 月）

日本物理学会理論核物理領域運営委員 (2020 年 10 月- 2021 年 9 月)

11.その他

海外長期滞在、フィールドワークなど

なし