

V. 原子核理論グループ

1. メンバー

教授	矢花 一浩、中務 孝
准教授	清水 則孝、丸山 敏毅 (連携大学院)
助教	日野原 伸生、佐藤 駿丞 (国際テニユアトラック)
研究員	Wen Kai (温 凱)、角田 佑介、鷺山 広平
学生	大学院生 3名、学類生 3名

2. 概要

本グループでは、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。原子核は、地球上において、強い相互作用が支配する有限量子多体系として特異な系として存在しているが、宇宙においては、巨視的な原子核である中性子星が存在し、その構造と現象の関係を微視的なアプローチで解決することも、本グループにおける重要な研究テーマと位置付けている。本グループ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。

また、フェルミ多粒子系として原子核と共通する要素をもつ多電子系としての物質科学に関し、理論と計算による研究を行っている。特に高強度レーザーパルス光と物質の相互作用で起こる超高速電子ダイナミクスに対して時間依存密度汎関数理論に基づく研究を行っており、汎用の光科学第一原理シミュレーションソフトウェア SALMON の開発とそれを応用した研究を展開している。

3. 研究成果

【1】フェルミ演算子展開による有限温度密度汎関数計算のコード開発（中務）

原子核に対する有限温度平均場理論に基づく計算は、高励起状態の記述や準位密度の計算などに応用されてきた。通常この計算の手続きは、まず一体演算子である平均場ハミルトニアン固有状態・固有エネルギー（1粒子エネルギー）を求め、その1粒子エネルギーのフェルミ・ディラック分布関数を重みとした一体密度を計算し、ハミルトニアンを再構築することを反復することで、自己無撞着に状態を決定する。本研究では、フェルミ・ディラック分布関数を有限次の多項式展開する方法を用

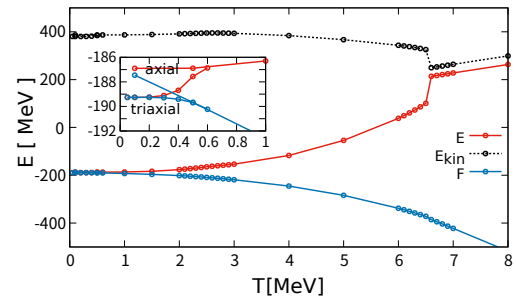
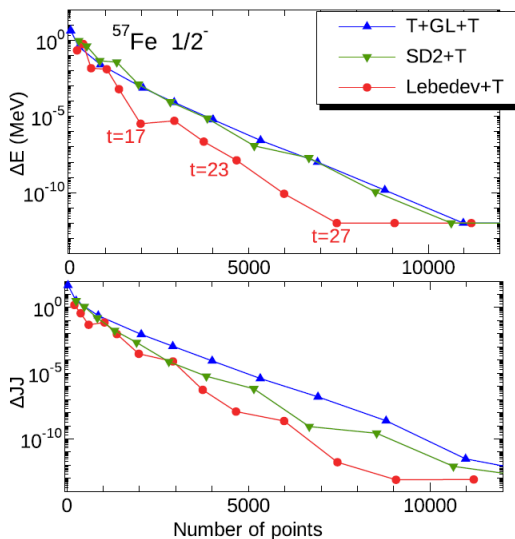


図1： ^{24}Mg の（自由）エネルギーと運動エネルギー。内部の図は、低温部分を拡大。

いることで、ハミルトニアンの有限回の演算によって密度を直接構築する手法を核子多体系に初めて適用した。数値的に負荷が大きい行列対角化を避けることができる。図1は、3次元座標格子点で密度を表現し計算された ^{24}Mg 核の（自由）エネルギーである。ゼロ温度では三軸非対称な形と軸対称な形がエネルギー極小点として存在しており、三軸非対称形の方が2 MeVほどエネルギーが低い。しかしながら温度 $T = 500$ keVくらいで三軸非対称形は姿を消し、 $T = 2.9$ MeVでは球形に転移し、さらに $T = 6.5$ MeVで原子核は溶けて一様核物質に転移する。有限温度中性子星クラスタの自己無撞着計算にも応用し、その有用性を示した。

【2】角運動量射影法におけるLebedev求積法の導入（清水、角田）

原子核構造計算に現れる角運動量射影法の改良をおこなった。モンテカルロ殻模型計算法や生成座標法など、多くの核構造計算手法には、角運動量射影におけるオイラー角の三重積分が現れ、計算上のボトルネックとなる。この三重積分はオイラー角を離散化して、台形則とガウス



ルジャンドル求積法をくみあわせたサンプル点を

図2：角運動量射影の計算精度。pf殻模型空間の鉄57原子核の1/2-状態を例にとり、ハートリーフォック計算による波動関数の角運動量射影を求めた。上図はエネルギー期待値の数値誤差、下図は角運動量期待値の数値誤差を示す。横軸は求積法におけるサンプル点数。提案手法(赤丸：Lebedev+T)が、旧来手法(青三角：T+GL+T)より少ない点数で同程度の計算誤差を達成している。

多数用意し、各点ごとの値を合計することによって数値的に求める。本研究では Lebedev 求積法を導入することにより、旧来手法と比べて理論的には 2/3 のサンプル点で同じ計算精度を達成できることを示した。(N. Shimizu and Y. Tsunoda, *Comput. Phys. Commun.* **283**, 108583 (2023).) 角運動量射影の計算量はサンプル点数にほぼ比例するので、理論的には計算量を 33%削減できることになる。図 2 にベンチマークテストによる提案手法と旧来手法の比較を示す。

【3】ネオジウム、サマリウム同位体の「形の相転移」とニュートリノレス二重ベータ崩壊核行列要素 (角田、清水)

準粒子真空殻模型法を用いた大規模殻模型計算によってネオジウム、サマリウム同位体の核構造研究をおこなった。これらの同位体は、中性子数を増やしていくと、球形から軸対称プロレート変形に遷移していくと考えられている。この遷移の中間領域は平均場近似が適しておらず、配位混合をとりこんだ記述が望ましい。特にネオジウム 150 はニュートリノレス二重ベータ崩壊

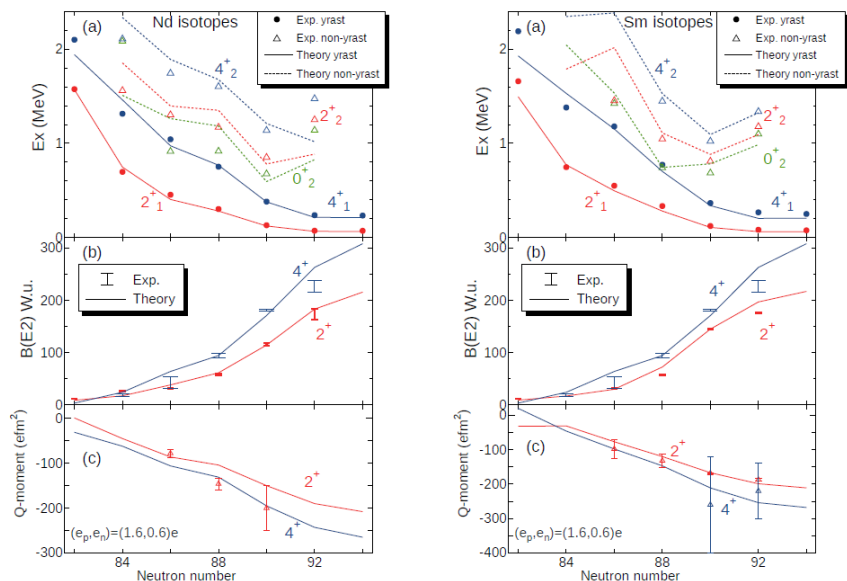


図 3 : ネオジウム同位体、サマリウム同位体の第一、第二 2 + 励起状態、第一、第二 4 + 励起状態、第二 0 + 励起状態。(a) 励起エネルギー (b) E2 遷移確率 (c) 四重極能率を示す。横軸は中性子数。

の探索実験に用いられている核種であり、この核行列要素を求めることも重要な課題である。

図 3 に、ネオジウム同位体、サマリウム同位体の計算結果を示す。比較のために実験値もシンボル (丸、三角、誤差棒) で示してある。励起エネルギー、E2 遷移確率、四重極能率ともに理論値が実験値を良く再現している。球形から軸対称変形への遷移の中間的な状態であるネオジウム 150 とサマリウム 150 の基底状態は、二つの変形度が異なるプロレート状態が配位混合している特異な状態であることを示した。ネオジウム 150 のニュートリノレス二重ベータ崩壊の核行列要素を求め、短距離相関の形に依存するがおおよそ 4.0 であることを示した。また、前述の二つの変形状態の混合が核行列要素を大きくする効果をもつことを示した。これらの議論をまとめ、論文投稿をおこなった。(<https://arxiv.org/abs/2304.11780>)

【4】大規模殻模型計算を基にした多様な共同研究の推進（清水）

九州産業大の金子和也氏等との共同研究を進め、PMMU 相互作用と HFB+GCM 法を組み合わせた殻模型計算によって、質量数 130 領域の原子核における核構造計算を行った。中性子数変化に伴う急激な励起エネルギーの低下や E2 電磁遷移の増加が、主殻を超えた Quasi SU(3)と呼ばれる一粒子軌道対の間の四重極相互作用によって説明できることを明らかにしてきた。この Quasi SU(3)機構は、中性子数が $N = 72$ から $N = 76$ の Te, Xe, Ba 同位体においてもガンマソフトや非軸対称変形を引き起こす重要な要因になっていることを示した。相互作用するボゾン模型との関係について調べ、Quasi SU(3)機構の役割を明らかにした。

また、これまでの殻模型計算による研究成果をもとに、実験研究グループとの共同研究を進め、 ^{126}Xe と ^{128}Xe の非軸対称変形状態や、リン・硫黄同位体のベータ崩壊、中性子過剰チタン・バナジウム同位体の質量、 ^{29}Ne の核構造について共著論文を発表した。

【5】中性子星の観測結果に基づいた原子核密度汎関数を用いた全核種計算（Gil（高麗大）、日野原、Hyun（大邱大）、吉田（大阪大））

中性子星の観測データと無矛盾に構成された原子核密度汎関数である Korea-IBS-Daegu-SKKU(KIDS)汎関数を用いてこれまでに一様核物質や球形核、Nd 変形同位体が計算されたが、汎関数の性能を評価するため、軸対称変形が記述可能な調和振動子基底コード HFBTHO を用いてドリップラインまでの全偶々核の質

量、半径、四重極変形の計算を行った。束縛エネルギーと荷電半径の実験値との平均二乗偏差は 4.5–5.1 MeV と 0.03–0.04 fm 程度であり、標準的な他の原子核密度汎関数と同程度であった。特に、汎関数のパラメータを決定する際に変形核の情報を用いていないにも関わらず、開殻での変形の発達を記述することができた。また、中性子ドリップラインの位置は軽い質量の中性子星の構造を特徴づける η_τ パラメータと相関していることが明らかとなった。

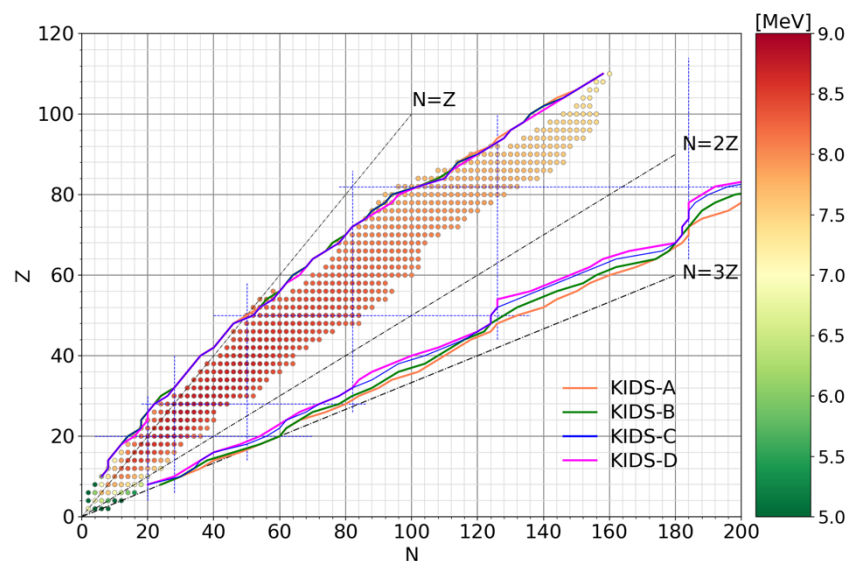


図 4：KIDS 汎関数による中性子・陽子ドリップラインの計算値。

【6】 ^8Be , ^{12}C , ^{16}O の α クラスター運動を記述する集団模型の構築 (金田 (京都大)、日野原)

^{12}C や ^{16}O の生成座標法を用いた計算では $\alpha - \alpha$ 間の距離を生成座標法とした大振幅集団運動として励起状態が記述される。このようなクラスター運動を記述する集団模型を、微視的クラスター模型の norm kernel やエネルギーの期待値を用いることで構築した。また、クラスター模型の座標を複素数とすることによりダイナミクスの効果を取り入れ、集団質量を求めた。求めた集団波動関数や、エネルギー、半径などで生成座標法とよく一致する結果を得た。

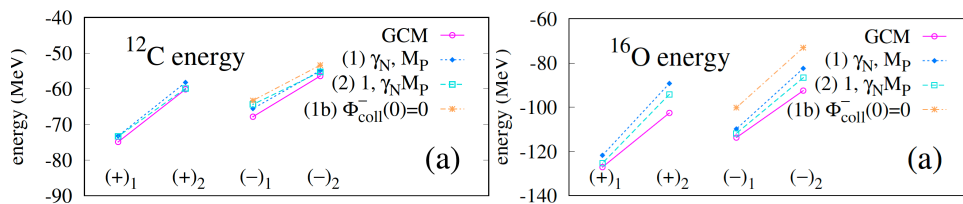


図 5 : 集団模型と生成座標法による ^{12}C と ^{16}O のエネルギーの比較。

【7】 Calculation of the Collective Inertial Mass Along the Nuclear Fusion/Fission Path (温)

We are working on determining the optimal collective reaction path for nucleus-nucleus fusion/fission reactions, based on the adiabatic self-consistent collective coordinate (ASCC) method. Using an iterative method, where we combine the constrained Hartree-Fock-Bogoliubov (HFB) method and the finite amplitude method, the ASCC coupled equations are solved. First, it is applied to the simplest reaction system, $\alpha + \alpha \rightarrow ^8\text{Be}$, where we aim at extracting the collective inertial mass along the collective motion path. Since we are theoretically interested in the impact of pairing interaction on the collective inertial mass, artificially we enhanced the pairing strength so that the nuclear state of ^8Be is no longer the Hartree-Fock (HF) state but the HFB state. We obtained an interesting phase transition from HF states to HFB states along the reaction path $\alpha + \alpha \rightarrow ^8\text{Be}$, which is reflected by the obtained inertial mass parameter as a function of the distance between the two alpha's as shown in the figure.

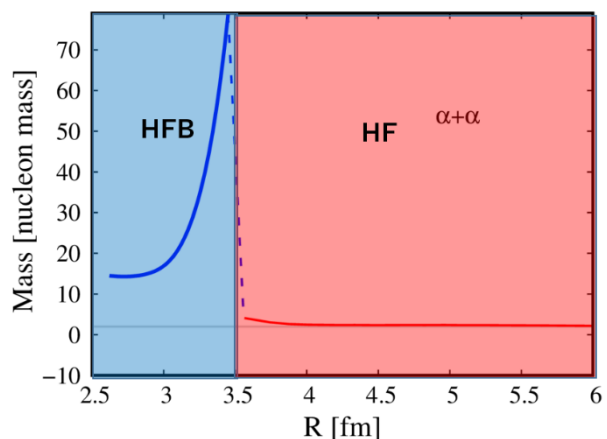


図 6 : Inertial mass in units of the nucleon's mass m for the collective path of $\alpha + \alpha \leftrightarrow ^8\text{Be}$, as a function of the relative distance R . The pairing strength is artificially enhanced by 2.1 times for theoretical interest.

【8】 ニッケル 78 近傍の中性子過剰核の殻模型計算（角田、清水）

ニッケル 78 付近の中性子過剰核は、元素合成の r 過程にかかわる核種である。r 過程の研究への応用を目指して、モンテカルロ殻模型法によるニッケル 78 周辺の原子核構造の計算を行った。模型空間として pf 殻と sdg 殻の 2 主殻を用い、偶偶核や奇核の励起エネルギーの実験値を再現できるように有効相互作用の調整を行った。下図は偶偶核の 2^+ 、 4^+ 状態の励起エネルギーの実験値(点)と計算値(線)の比較であり、実験値を概ね再現している。また、r 過程にかかわる現象の一つであるベータ崩壊の半減期の予備的計算を 3 つの偶偶核に対して行い、実験値に近い計算値が得られた。

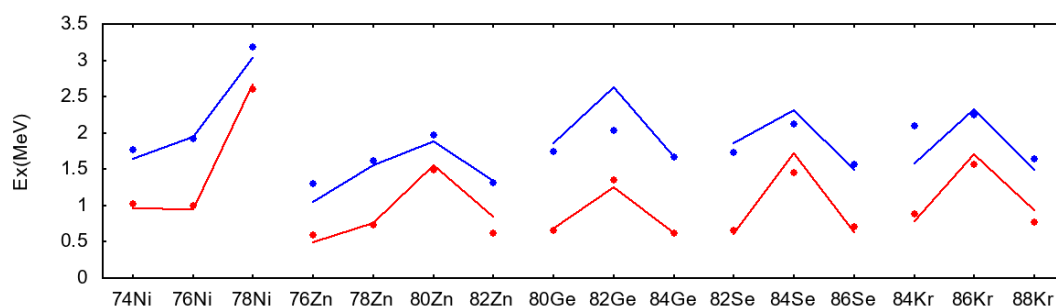


図 7：ニッケル 78 周辺の偶偶核の 2^+ 、 4^+ 状態の励起エネルギー。

2^+ を赤、 4^+ を青で示し、実験値を点、計算値を線で示す。

【9】 5 次元四重極集団模型における集団慣性質量の評価（鷲山、日野原、中務）

低エネルギー状態に複数の四重極変形状態が現れる原子核は、平均場近似を超えて複数の変形状態を統一的に記述する 5 次元四重極集団模型を用いて記述される。先行研究で広く用いられてきた密度汎関数法+クランキング近似(PC)法による集団慣性質量の評価を超えて、本研究では集団運動の動的効果を考慮した密度汎関数法+局所乱雑位相近似(QRPA)法により集団慣性質量を評価した。集団運動の動的効果を考慮したことにより、QRPA 法による集団慣性質量が従来の PC 法の慣性質量より増大することが分かった。この QRPA 法の慣性質量を用いて ^{76}Kr の低励起状態のエネルギーと準位間の換算遷移確率を評価し、実験データに近い値が得られた。

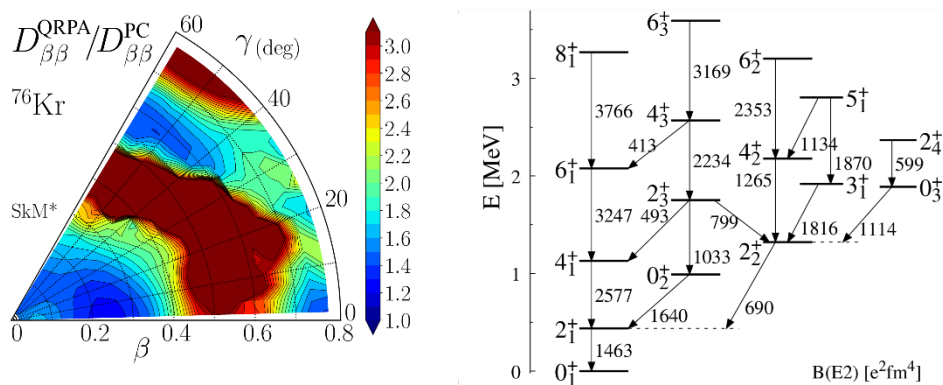


図 8： ^{76}Kr における（左図）四重極変形 β, γ 平面上での QRPA 法及び PC 法による慣性質量の比、（右図）低励起スペクトルと換算遷移確率 $B(E2)$ 値。

【10】中性子数28近傍の中性子過剰核における変形の揺らぎ（鷺山、吉田（大阪大））

中性子数 $N = 28$ 近傍の中性子過剰な不安定核では、魔法数の性質が破れ、四重極変形やその揺らぎが発達している。本研究では $N = 28$ 近傍の Mg, Si, S に対して、特に非軸対称な四重極変形 (γ 変形) のダイナミクスを5次元四重極集団模型を用いて調べた。特に ^{42}Mg , ^{44}S , ^{46}S など四重極変形度 β, γ 平面上のポテンシャルが平坦な原子核の2番目の 0^+ 準位に着目しエネルギー比 ($E(0_2^+)/E(2_1^+)$)と換算遷移確率を調べた結果、 β, γ 依存性を考慮したクランキング質量では原子核ごとに大きく変化する一方、定数近似した慣性質量を用いた場合はあまり違いが現れないことが分かった。 $N = 28$ 近傍の中性子過剰核の記述には β, γ 平面上のポテンシャルだけではなく慣性質量が重要な役割を演じることを明らかにした。

【11】斜方入射する高強度パルス光と物質の相互作用を記述するマルチスケール第一原理計算（植本（神戸大）、矢花）

光が平坦な物質に斜方入射して起こる現象は、電磁気学の基本的な課題である。例えば p 偏光した光は、ある入射角（ブリュスター角）で無反射となる。また金属と誘電体の界面では、表面プラズモンとの結合が起こる。これらは線形光学における現象であるが、高強度パルス光が入射し、非線形性が著しい場合にはどのような現象が起こるのかは興味深い。しかしこれまで、そのような斜方入射する高強度パルス光の伝搬を記述する理論と計算法は、発展していなかった。我々は論文(M. Uemoto, K. Yabana, Opt. **30**, 23664(2022))において、第一原理計算に基づく計算法を提案し、シリコン薄膜に対する斜方入射を例として計算の結果を示した。

理論の枠組みでは、平坦な物質への斜方入射が、見かけ上1次元の波動方程式に類似した偏微分方程式で記述されることを用いる。これにより、これまで開発を行ってきた垂直入射の場合から計算コストはそれほど増大することなく、斜方入射の非線形伝搬に対する計算が可能になる。ただし p 偏光での入射では表面に分極電荷が発生するため電場が不連続となることに起因して、そのまま偏微分方程式を解くと数値的なノイズが発生する。そのため、物質表面を平滑化する方法を導入することで克服した。

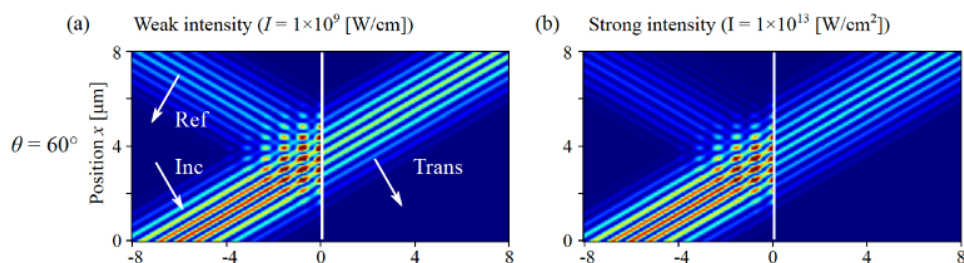


図9：シリコン薄膜に斜方入射する高強度パルス光の第一原理計算。

【12】 固体からの高次高調波発生に対する伝搬効果（山田俊介、乙部智仁（関西光科学研究所）、
D. Freeman, A. Kheifets（オーストラリア国立大）、矢花）

固体にパルス光を照射して起こる高次高調波発生は、基礎的な興味に加え可視赤外光を入射して深紫外から軟 X 線を得るデバイスの原理として高く注目されている。本研究では、時間依存密度汎関数理論に基づく電子ダイナミクス計算と、パルス光の伝搬を記述するマクスウェル方程式をマルチスケールで結合した枠組みを用いて、シリコン薄膜から放出される高次高調波に対して生成と伝搬の効果を調べた(S. Yamada et. al, Phys. Rev. B **107**, 035132 (2022))。その結果、反射高調波が膜厚によらないのに対し透過高調波は著しく減衰し、1 μm 程度の薄膜では表面から発生する高次波と裏面から発生する低次波が高次高調波に混在して現れることを明らかにした。これらの結果は、高次高調波発生を用いた固体光デバイス設計の上で、基本的な知見を与えるものである。

図 10 に、計算の概略を示す。(a)は計算方法を示している。(b)と(c)は、厚さ $3\mu\text{m}$ のシリコン(Si)薄膜をパルス光が伝搬する典型的な計算例を示している。パルス強度が $5 \times 10^{12} \text{ W/cm}^2$ の強い入射パルスの場合の、反射パルスと透過パルスのフーリエスペクトルを(c)の挿入図に示す。反射波・透過波とも高次高調波が含まれていることが分かる。透過波のスペクトルで、およそ 20eV の振動数でシグナルが消失していることが見出される。これは、 20eV 以下のシグナルは薄膜の裏面から発生し、 20eV 以上のシグナルは薄膜の表面から発生するというメカニズムの差に起因する。このような知見は、電子ダイナミクス計算と光伝搬を、マルチスケール手法を用いて連結することで初めて得られたものであり、固体からの高次高調波発生デバイス設計の上で有用な情報を提供するものである。

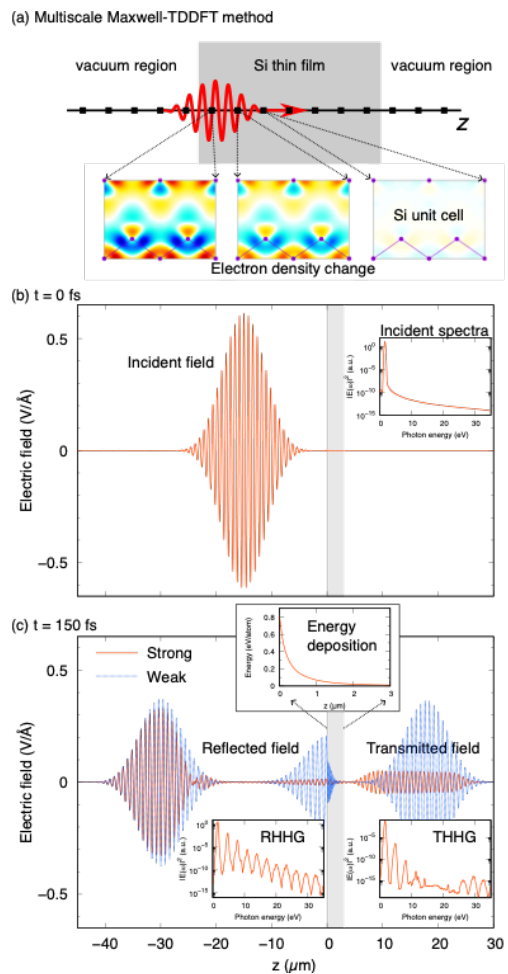


図 10：高強度パルス光がシリコン薄膜を伝搬する第一原理計算。

反射波と透過波のスペクトルに高次高調波が含まれている。

【13】 磁性体に対するアト秒過渡吸収分光の第一原理計算とスピンドダイナミクスの解析 (佐藤)

本研究では、時間依存密度汎関数理論(TDDFT)に基づく第一原理計算により、フェムト秒(10^{-15} 秒)レーザー照射によって磁性体の光学応答がどのように変化するかを微視的に解析した。レーザー照射下における磁性体の光学特性を解析するため、我々はポンプ光とプローブ光と呼ばれる二つの光パルスの下での電子ダイナミクスを計算し、一つ目のポンプ光によって変調された磁性体の光学応答を二つ目のプローブ光によって調べるポンプ・プローブ分光計算を採用した。このようなポンプ・プローブ計算をポンプ光とプローブ光の間の時間差(Time delay)を変えながら繰り返し実行することで、光が駆動する電子ダイナミクスを反映した過渡光学応答を時間領域で解析できる。

右図 11(a)には、フェムト秒レーザー照射下におけることによって固体コバルトの吸光度の変化がポンプ光とプローブ光の時間差(Time delay)の関数として示されている。また、右図 11(b)にはこの計算で用いたポンプ光の時間波形を示した。この計算の結果、フェムト秒レーザー照射によって固体コバルトの吸光度が 58eV 付近で鋭く減少することが分かった。さらに微視的な電子密度ダイナミクスを解析したところ、光励起によって majority-spin の電子と minority-spin の電子の密度がコバルト原子の周りで局所的に増減することで吸収端のシフトが起こっていることを明らかにした。この知見を応用することで、光が駆動するスピンドダイナミクスをアト秒の時間分解能で元素選択的に測定することが可能である。本研究成果は、現在、論文投稿準備中である。

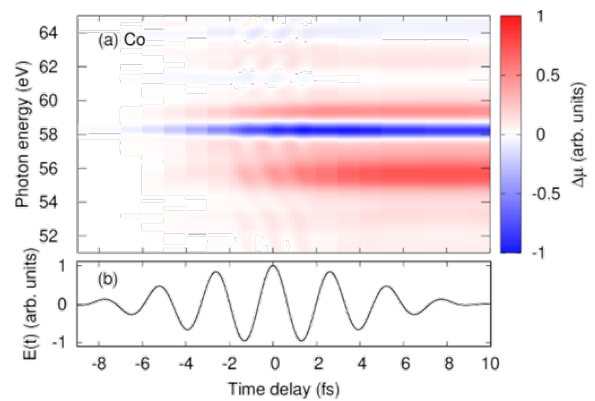


図 11 : (a)第一原理計算によって得られた固体コバルトの過渡吸収スペクトル。(b)ポンプ光電場の時間波形。

【14】 THz 領域におけるグラフェンからの高次高調波発生に関する理論的研究 (佐藤)

近年、光物性物理分野では固体からの高次高調波発生に関する研究が盛んにおこなわれている。本研究では、THz 領域におけるグラフェンからの高次高調波発生に注目し、その発生機構を微視的な電子ダイナミクス計算により解明することを試みた。我々は、強束縛近似に基づく電子系のハミルトニアンを用いて量子マスター方程式を解くことで、緩和効果を取り入れた量子ダイナミクス計算を実行し、THz 電場がグラフェン内に駆動する電子ダイナミクス解析した。

図 12 には THz 電場の下での電子ダイナミクス計算により得られた高調波スペクトルが示されている。照射した電場のエネルギー(1.24 meV)の奇数倍のエネルギーを持った光がグラフェンから放射されている様子が示されている。また、図には異なる化学ポテンシャルに対する計算結果が

示されており、高調波発生が化学ポテンシャルのシフトによって増強されている様子が確認できる。さらに微視的な占有数分布の解析を行ったところ、THz 電場のもので形成される非平衡定常状態が高次高調波発生において重要な役割を果たしていることが明らかとなった。本研究成果は、THz 領域における高次高調波発生の基礎的理解を進展させるものである。この研究は、Max-Planck 研究所(ハンブルク)との共同研究であり、論文”この研究は、Max-Planck 研究所(ハンブルク)との共同研究であり、論文” Terahertz-induced high-order harmonic generation and nonlinear charge transport in graphene”として Physical Review B 誌から発表された。

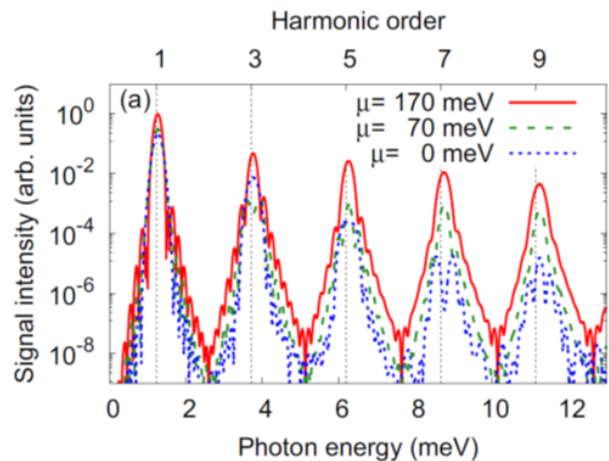


図 12：グラフェンから放射される高調波スペクトル。

4. 教育

学位

1. 小澤 泰河 修士 (理学)
フェルミ演算子展開法を用いた有限温度非一様核物質の研究
2. 土田 真大 修士 (理学)
バンド計算に基づく中性子超流動密度計算
3. 吉永 孝太 修士 (理学)
電荷密度モーメントの精密測定に向けた理論解析
4. 金井 敦哉 学士 (理学)
二重ベータ崩壊の位相空間因子計算に向けた Dirac 方程式による電子波動関数の数値的導出
5. 萩原 健太 学士 (理学)
原子核の変形と中性子ドリップラインに対するクーロン相互作用の効果
6. 類家 千怜 学士 (理学)
BCS 理論を用いた原子核対回転に伴う慣性モーメントに関する考察

集中講義など

1. T. Nakatsukasa, “Nuclear dynamics and energy density functional theories”, Online lectures, Lanzhou University, China, March 30-April 1, 2022.

2. 清水 則孝、集中講義「殻模型による原子核構造論」、北海道大学理学院、2023年1月11 – 13日。
3. 矢花一浩、「フェムト・アト秒スケールの実時間第一原理計算」、第67回物性若手夏の学校講義 オンライン、2022年8月3-5日

5. 受賞、外部資金、知的財産権等

受賞

1. ベストプレゼンテーション賞(理工学群物理学類卒業論文)、類家千怜、2023年3月。
2. 物理学学位プログラムリーダー賞、吉永孝太、2023年3月。

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（2022年度直接経費（繰越）：4,050,000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. 富岳成果創出加速プログラム・「シミュレーションで探る基礎科学」の一部としてKEKからの受託研究、「核構造とr過程」、清水 則孝、2020–2022年度、(2022年度：10,912,000円)。
3. 日本学術振興会科学研究費・基盤研究(C)(一般)、清水 則孝、分担、2020–2023年、全年度直接経費：2,300,000円（2022年度直接経費：600,000円）、「大規模殻模型計算による元素合成素過程の微視的記述」。
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、2022–2023年、全年度直接経費：1,400,000円、（2022年度直接経費：700,000円）、「二重ベータ崩壊・二重電子捕獲半減期の全核種精密計算」。
5. 日本学術振興会科学研究費・基盤研究(C)(一般)、日野原 伸生、代表、2020–2023年、全年度直接経費：3,300,000円、(2022年度直接経費：800,000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」。
6. 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」。
7. 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（2022年度直接経費：900,000円）、「Macroscopic Nuclear Dynamics with Microscopic Foundations」。
8. JST CREST「光・電子融合第一原理計算ソフトウェアの開発と応用」、矢花一浩、代表、2016-2022年度、全年度直接経費：177,500,000円（2022年度直接経費：2,000,000円）。

9. Q-LEAP 先端レーザーイノベーション拠点「次世代アト秒レーザー光源と先端計測技術の開発」、矢花一浩、分担、2018-2027 年度、全年度直接経費：22,727,000 円（2022 年度直接経費：2,403,000 円）。
10. 日本学術振興会科学研究費・基盤研究（B）「第一原理計算が拓く多角的な極限ナノフォトニクス」、矢花一浩、2020-2023 年度、全年度直接経費：13,400,000 円（2021 年度直接経費：2,700,000 円）。
11. 日本学術振興会科学研究費・特別研究員奨励費「ペロブスカイト及び遷移金属ダイカルコゲナイドの超高速光物性に関する研究」、矢花一浩、2022-2023 年度、全年度直接経費：1,200,000 円（2022 年度直接経費：800,000 円）。
12. 日本学術振興会科学研究費・若手研究、佐藤駿丞、代表、2020-2023 年度、全年度直接経費：3,300,000 円（2022 年度直接経費：700,000 円）、「光による電子構造制御の第一原理計算」。
13. 日本学術振興会科学研究費・基盤研究(B)、佐藤駿丞、分担、2021-2024 年度、全年度直接経費：17,030,000 円（2022 年度直接経費：3,000,000 円）、「THz メタマテリアル共振器によるフォノン強結合状態の実現と物性制御への応用」。

6. 研究業績

(1) 研究論文

A) 査読付き論文

1. T. Nakatsukasa, “Fermi operator method for nuclei and inhomogeneous matter with a nuclear energy density functional”, *Phys. Rev. C* **107**, 015802 (2023) [Editors’ suggestion].
2. S. Kisyov, C. Y. Wu, J. Henderson, A. Gade, K. Kaneko, Y. Sun, N. Shimizu, T. Mizusaki, D. Rhodes, S. Biswas, A. Chester, M. Devlin, P. Farris, A. M. Hill, J. Li, E. Rubino, and D. Weisshaar, “Structure of $^{126,128}\text{Xe}$ studied in Coulomb excitation measurements”, *Phys. Rev. C* **106**, 034311 (2022).
3. N. Shimizu, “Recent Progress of Shell-Model Calculations, Monte Carlo Shell Model, and Quasi-Particle Vacua Shell Model”, *Physics* **2022**, 4, 1081 - 1093 (2022).
4. C. Yuan, M. Liu, N. Shimizu, Zs. Podolyák, T. Suzuki, T. Otsuka, and Z. Liu, “Shell-model study on spectroscopic properties in the region “south” of ^{208}Pb ”, *Phys. Rev. C* **106**, 044314 (2022)（清水、東大所属による論文出版）。
5. N. Shimizu and Y. Tsunoda, “ $SO(3)$ quadratures in angular-momentum projection”, *Comp. Phys. Commun.* **283**, 108583 (2023).
6. V. Tripathi, S. Bhattacharya, E. Rubino, C. Benetti, J. F. Perello, S. L. Tabor, S. N. Liddick, P. C. Bender, M. P. Carpenter, J. J. Carroll, A. Chester, C. J. Chiara, K. Childers, B. R. Clark, B. P. Crider, J. T. Harke, B. Longfellow, R. S. Lubna, S. Luitel, T. H. Ogunbeku, A. L. Richard, S. Saha, N. Shimizu,

- O. A. Shehu, Y. Utsuno, R. Unz, Y. Xiao, S. Yoshida, and Yiyi Zhu, “ β^- decay of exotic P and S isotopes with neutron number near 28”, *Phys. Rev. C* **106**, 064314 (2022).
7. S. Iimura, M. Rosenbusch, A. Takamine, Y. Tsunoda, M. Wada, S. Chen, D. S. Hou, W. Xian, H. Ishiyama, S. Yan, P. Schury, H. Crawford, P. Doornenbal, Y. Hirayama, Y. Ito, S. Kimura, T. Koiwai, T. M. Kojima, H. Koura, J. Lee, J. Liu, S. Michimasa, H. Miyatake, J. Y. Moon, S. Naimi, S. Nishimura, T. Niwase, A. Odahara, T. Otsuka, S. Paschalis, M. Petri, N. Shimizu, T. Sonoda, D. Suzuki, Y. X. Watanabe, K. Wimmer, and H. Wollnik, “Study of the $N = 32$ and $N = 34$ Shell Gap for Ti and V by the First High-Precision Multireflection Time-of-Flight Mass Measurements at BigRIPS-SLOWRI”, *Phys. Rev. Lett.* **130**, 012501 (2023).
 8. K. Kaneko, Y. Sun, N. Shimizu, and T. Mizusaki, “Quasi-SU(3) Coupling Induced Oblate-Prolate Shape Phase Transition in the Casten Triangle”, *Phys. Rev. Lett.* **130**, 052501 (2023).
 9. A. Revel, J. Wu, H. Iwasaki, J. Ash, D. Bazin, B.A. Brown, J. Chen, R. Elder, P. Farris, A. Gade, M. Grinder, N. Kobayashi, J. Li, B. Longfellow, T. Mijatović, J. Pereira, A. Poves, A. Sanchez, N. Shimizu, M. Spieker, Y. Utsuno, and D. Weisshaar, “Large collectivity in ^{29}Ne at the boundary of the island of inversion”, *Phys. Lett. B* **838**, 137704 (2023).
 10. N. Hinohara and J. Engel, “Global calculation of two-neutrino double- β decay with the finite amplitude method in nuclear density functional theory”, *Phys. Rev. C* **105**, 044314 (2022).
 11. H. Gil, N. Hinohara, C. H. Hyun, and K. Yoshida, “KIDS density functional for deformed nuclei: Examples of the even-even Nd isotopes”, *Journal of the Korean Physical Society* **81**, 113 - 120 (2022).
 12. Y. Kanada-En'yo and N. Hinohara, “Collective model for cluster motion in ^8Be , ^{12}C , and ^{16}O systems based on microscopic 2α , 3α , and 4α models”, *Phys. Rev. C* **106**, 054312 (2022).
 13. D. Little, A. D. Ayangeakaa, R. V. F. Janssens, S. Zhu, Y. Tsunoda, T. Otsuka, B. A. Brown, M. P. Carpenter, A. Gade, D. Rhodes, C. R. Hoffman, F. G. Kondev, T. Lauritsen, D. Seweryniak, J. Wu, J. Henderson, C. Y. Wu, P. Chowdhury, P. C. Bender, A. M. Forney, and W. B. Walters, “Multi-step Coulomb excitation of ^{64}Ni : Shape coexistence and nature of low-spin excitations”, *Phys. Rev. C* **106**, 044313 (2022).
 14. J. A. Lay, A. Vitturi, L. Fortunato, Y. Tsunoda, T. Togashi, and T. Otsuka, “Two-particle transfer processes as a signature of shape phase transition in Zirconium isotopes”, *Phys. Lett. B* **838**, 137719 (2023).
 15. D. Freeman, A. Kheifets, S. Yamada, A. Yamada, and K. Yabana, “High-order harmonic generation in semiconductors driven at near- and mid-infrared wavelengths”, *Phys. Rev. B* **106**, 075202 (2022).
 16. S. Yamada, T. Otobe, D. Freeman, A. Kheifets, and K. Yabana, “Propagation effects in high-harmonic generation from dielectric thin films”, *Phys. Rev. B* **107**, 035132 (2023).

17. T. Takeuchi and K. Yabana, “Electron spill-out effect on third-order optical nonlinearity of metallic nanostructure”, *Phys. Rev. A* **106**, 063517 (2022).
18. M. Uemoto and K. Yabana, “First-principles method for nonlinear light propagation at oblique incidence”, *Optics Express* **30**, 23664 (2022).
19. G. Duchateau A. Yamada, and K. Yabana, “Electron dynamics in alpha-quartz induced by two-color 10-femtosecond laser pulses”, *Phys. Rev. B* **105**, 165128 (2022).
20. Mahmut Sait Okyay, Shunsuke A. Sato, Kun Woo Kim, Binghai Yan, Hosub Jin, and Noejung Park, “Second harmonic Hall responses of insulators as a probe of Berry curvature dipole”, *Commun. Phys.* **5**, 303 (2022).
21. K. Nakagawa, H. Hirori, S.A. Sato, H. Tahara, F. Sekiguchi, G. Yumoto, M. Saruyama, R. Sato, T. Teranishi, and Y. Kanemitsu, “Size-controlled quantum dots reveal the impact of intraband transitions on high-order harmonic generation in solids”, *Nature Physics*, **18**, 874 (2022).
22. A. Niedermayr, M. Volkov, S. A. Sato, N. Hartmann, Z. Schumacher, S. Neb, A. Rubio, L. Gallmann, and U. Keller, “Few-Femtosecond Dynamics of Free-Free Opacity in Optically Heated Metals”, *Phys. Rev. X* **12**, 021045 (2022).
23. Wenwen Mao, Angel Rubio, and Shunsuke A. Sato, “Terahertz-induced high-order harmonic generation and nonlinear charge transport in graphene”, *Phys. Rev. B* **106**, 024313 (2022).
24. Ofer Neufeld, Wenwen Mao, Hannes Hübener, Nicolas Tancogne-Dejean, Shunsuke A. Sato, Umberto De Giovannini, and Angel Rubio, “Time- and angle-resolved photoelectron spectroscopy of strong-field light-dressed solids: Prevalence of the adiabatic band picture”, *Phys. Rev. Res.* **4**, 033101 (2022).
25. Dongbin Shin, Simone Latini, Christian Schäfer, Shunsuke A. Sato, Edoardo Baldini, Umberto De Giovannini, Hannes Hübener, Angel Rubio, “Simulating Terahertz Field-Induced Ferroelectricity in Quantum Paraelectric SrTiO₃”, *Phys. Rev. Lett.* **129**, 167401 (2022).
26. Wan-Dong Yu, Hao Liang, Cong-Zhang Gao, Shunsuke A. Sato, Bao-Ren Wei, Alberto Castro, Angel Rubio, Liang-You Peng, “Charge transfer in ultrafast isomerization of acetylene ions”, *Phys. Rev. A* **106**, 033111 (2022).
27. Alberto Castro, Umberto De Giovannini, Shunsuke A. Sato, Hannes Hübener, and Angel Rubio, “Floquet engineering the band structure of materials with optimal control theory”, *Phys. Rev. Res.* **4**, 033213 (2022).
28. Matteo Lucchini, Fabio Medeghini, Yingxuan Wu, Federico Vismarra, Rocío Borrego-Varillas, Aurora Crego, Fabio Frassetto, Luca Poletto, Shunsuke A. Sato, Hannes Hübener, Umberto De Giovannini, Angel Rubio, and Mauro Nisoli, “Controlling Floquet states on ultrashort time scales”, *Nat. Commun.* **13**, 7103 (2022).

29. Alberto Castro, Umberto De Giovannini, Shunsuke A. Sato, Hannes Hübener, and Angel Rubio, “Floquet engineering with quantum optimal control theory”, *New J. Phys.* **25**, 043023 (2023).
30. Gian Luca Dolso, Bruno Moio, Giacomo Inzani, Nicola Di Palo, Shunsuke A. Sato, Rocío Borrego-Varillas, Mauro Nisoli, and Matteo Lucchini, “Reconstruction of ultrafast exciton dynamics with a phase-retrieval algorithm”, *Optics Express* **30**, 12248 (2022).

B) 査読無し論文

なし

(2) 国際会議発表

A) 招待講演

1. T. Nakatsukasa, “Mass parameters for nuclear reaction models and nucleonic effective mass”, YIPQS long-term workshop “Mean-field and Cluster Dynamics in Nuclear Systems 2022 (MCD2022)”, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto Univ., Kyoto, Japan, May 9-June 17, 2022.
2. T. Nakatsukasa, “Alpha-particle distribution in nuclei”, Shapes and Symmetries in Nuclei: from Experiment to Theory (SSNET’22)”, Orsay, France, May 30-June 3, 2022 (オンライン) .
3. T. Nakatsukasa, “Requantized TDDFT on collective subspace”, Recent Progress of Many-Body Theories XXI (RPMBT-21), Chapel Hill, NC, USA, September 12-16, 2022.
4. T. Nakatsukasa, “Requantizing the time-dependent density functional dynamics”, YITP Workshop “Fundamentals in density functional theory (DFT2022)”, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto Univ., Kyoto, Japan, December 7-20, 2022.
5. N. Shimizu, “Shell model studies towards astrophysical applications”, YIPQS long-term workshop “Mean-field and Cluster Dynamics in Nuclear Systems 2022 (MCD2022)”, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto Univ., Kyoto, Japan, June 13, 2022.
6. N. Shimizu, “Shell model and Machine Learning”, RIKEN Nishina Center mini workshop “Combining Nuclear Theory and Machine Learning for fundamental studies and applications”, RIBF building, RIKEN Nishina Center, RIKEN, Wako, Saitama, Japan, November 29-30, 2022.
7. N. Shimizu, “Recent progress of shell-model calculations and quadrupole collective states”, International Symposium on Nuclear Spectroscopy for Extreme Quantum Systems (NUSPEQ2023), Numazu, Japan, March 7-9, 2023.
8. N. Hinohara, “Global analysis of nuclear pairing rotation”, Physics of RI: Recent progress and perspectives, RIKEN Nishina Center, Wako, Japan, May 30-June 1, 2022.
9. N. Hinohara, “Current status and future perspective of nuclear structure calculation for nuclear matrix element of neutrinoless double-beta decay”, Unraveling the History of the Universe and Matter Evolution with Underground Physics (UGAP2022), Tokyo University of Science, Noda, Japan, June

13-15, 2022 (オンライン).

10. N. Hinohara, “Recent progress in nuclear DFT”, YITP Workshop “Fundamentals in density functional theory (DFT2022)”, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto Univ., Kyoto, Japan, December 7-20, 2022.
11. Y. Tsunoda, “Structure of medium-mass nuclei studied by Monte Carlo shell model and quasi-particle vacua shell model calculations”, YIPQS long-term workshop “Mean-field and Cluster Dynamics in Nuclear Systems 2022 (MCD2022)”, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto Univ., Kyoto, Japan, June 3, 2022.
12. Y. Tsunoda, “Recent studies on the shape evolution of medium-heavy nuclei and their impacts”, 6th Topical Workshops on Modern Aspects in Nuclear Structure, Bormio, Italy, February 6-11, 2023.
13. K. Yabana, “First-principles calculations of ultrafast dynamics in solids”, 15th Asia Pacific Physics Conference (APPC15), online, August 21-26, 2022.
14. K. Yabana, “Maxwell-TDDFT simulation for high-field propagation dynamics”, Optics Incubator on On-Chip High-Field Nanophotonics, Washington DC, USA, July 6-8, 2022.
15. K. Yabana, “TDDFT for extreme optics: nonlinearity and nonlocality”, 9th Workshop on TDDFT, Benasque, Spain, October 25-27, 2022.
16. K. Yabana, “Time-dependent density functional theory for extreme nonlinear optics”, 23rd Asian Workshop on First-Principles Electronic Structure Calculations, online, October 31-November 2, 2022.
17. K. Yabana, “Propagation effect in high harmonic generation from thin films”, Theory days on ultrafast processes in molecules and clusters, online, November 23-25, 2022.
18. K. Yabana, “Time dependent density functional theory in real time: Linear and nonlinear optical response”, 3rd APCTP-KIAS Electronic Structure Calculations Winter School, Invited lecture, online, January 17-20, 2023.
19. K. Yabana, “Propagation and energy transfer of intense and ultrashort laser pulse in solids: First-principles computational approach”, SPIE Photonics West, LAMON XXVIII, San Francisco, USA, January 28-February 2, 2023.
20. S. A. Sato, “Application of TDDFT to recent attosecond experiments”, 9th Time-Dependent Density-Functional Theory: Prospects and Applications, Benasque, Spain, October 18-28, 2022.
21. S. A. Sato, “Application of real-time TDDFT simulation to nonlinear and nonequilibrium electron dynamics in matter”, Fundamentals in density functional theory, Kyoto University, Japan, December 7-22, 2022.

B) 一般講演

1. N. Hinohara, “Role of neutron pairing in alpha-knockout amplitude”, International Symposium on Nuclear Spectroscopy for Extreme Quantum Systems (NUSPEQ2023), Numazu, Japan, March 7-9, 2023.
2. K. Wen, “Collective coordinate and collective mass in nuclear reactions”, YITP Workshop “Fundamentals in density functional theory (DFT2022)”, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, Kyoto, Japan, December 7-20, 2022.
3. K. Wen, “Collective inertial masses in nuclear reactions”, International Symposium on Nuclear Spectroscopy for Extreme Quantum Systems (NUSPEQ2023), Numazu, Japan, March 7-9, 2023.
4. K. Washiyama, “Collective inertia in spontaneous fission and large-amplitude collective motion”, YIPQS long-term workshop “Mean-field and Cluster Dynamics in Nuclear Systems 2022 (MCD2022)”, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto Univ., Kyoto, Japan, May 9-June 17, 2022.
5. K. Washiyama, “Large-amplitude collective dynamics with collective Hamiltonian derived from nuclear DFT + local QRPA”, YITP Workshop “Fundamentals in density functional theory (DFT2022)”, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, Kyoto, Japan, December 7-20, 2022.
6. K. Yabana, “Development and applications of SALMON - First-principles computations in optical science -”, 2022 EPCC-CCS Workshop, Univ. Edinburgh and online, December 15, 2022.
7. K. Yabana, “Development and applications of SALMON - First-principles computations in optical science -”, 2022 CCS-KISTI Workshop, CCS Tsukuba, February 22, 2023.
8. S. A. Sato, “Real-time TDDFT for extremely nonlinear and ultrafast phenomena”, 9th Time-Dependent Density-Functional Theory: Prospects and Applications, Benasque, Spain, October 18-28, 2022.

C) ポスター

1. T. Nakatsukasa, “Fermi operator expansion method for non-uniform nuclear matter”, The 30th Anniversary Symposium of the Center for Computational Sciences at the University of Tsukuba, Tsukuba, Japan, October 13-14, 2022.
2. T. Nakatsukasa, N. Hinohara, “Local alpha strength functions in nuclei”, International Symposium on Nuclear Spectroscopy for Extreme Quantum Systems (NUSPEQ2023), Numazu, Japan, March 7-9, 2023.
3. N. Shimizu, “Quadrupole collective states by large-scale shell-model calculations”, The 30th Anniversary Symposium of the Center for Computational Sciences at the University of Tsukuba, Tsukuba, Japan, October 13-14, 2022.
4. N. Hinohara, “Systematic calculation of double-beta decay and double electron capture nuclear matrix elements with the finite amplitude method”, The 30th Anniversary Symposium of the Center for Computational Sciences at the University of Tsukuba, Tsukuba, Japan, October 13-14, 2022.

5. N. Hinohara, "Role of neutron pairing in alpha-knockout amplitude of Sn isotopes", International symposium on Clustering as a Window on the Hierarchical Structure of Quantum Systems (CLUSHIQ2022), Sendai International Center, Sendai, Japan, October 31-November 3, 2022.
6. C. Ruike, N. Hinohara, T. Nakatsukasa, "Moments of inertia of pairing rotation calculated with BCS model for the pairing Hamiltonian", International Symposium on Nuclear Spectroscopy for Extreme Quantum Systems (NUSPEQ2023), Numazu, Japan, March 7-9, 2023.
7. K. Hagihara, N. Hinohara, T. Nakatsukasa, "Effect of the Coulomb interaction on nuclear deformation and drip lines", International Symposium on Nuclear Spectroscopy for Extreme Quantum Systems (NUSPEQ2023), Numazu, Japan, March 7-9, 2023.
8. K. Yoshinaga, N. Hinohara, T. Nakatsukasa, "Radial moments of charge density distributions in stable and unstable nuclei", International Symposium on Nuclear Spectroscopy for Extreme Quantum Systems (NUSPEQ2023), Numazu, Japan, March 7-9, 2023.

(3) 国内学会・研究会発表

A) 招待講演

1. 中務 孝、「Topics in shape and high-K isomers」、研究会「反応断面積研究の新しい展望」、理化学研究所、2022年11月9日。
2. 清水 則孝、「殻模型と対相関」、RCNP研究会「微視的系と巨視的系における核子対凝縮相」、大阪大学核物理研究センター、2022年9月26日。
3. 清水 則孝、「準粒子真空殻模型によるネオジム150のニュートリノレス二重ベータ崩壊核行列要素」、二重ベータ崩壊核行列要素実験理論合同研究会、大阪大学核物理研究センター、2022年10月3日。
4. 清水 則孝、「原子核殻模型計算による統計的性質」、研究会「中性子捕獲反応で迫る宇宙の元素合成」、東京大学本郷キャンパス、2023年2月9-10日。
5. 日野原 伸生、「ロックアウト反応遷移振幅の平均場理論による評価」、おのころ戸隠夏合宿、JA長野県ビル、2022年7月29-30日。
6. 日野原 伸生、「 $0\nu\beta\beta$ 崩壊半減期の原子核構造計算の現状と展望」、日本物理学会2022年秋季大会共催シンポジウム「地下から解き明かす宇宙の歴史と物質の進化」、オンライン、2022年9月10日。
7. 日野原 伸生、「核子対凝縮に伴う南部ゴールドストーンモードとその観測量」、RCNP研究会「微視的系と巨視的系における核子対凝縮相」、大阪大学核物理研究センター、2022年9月26-28日。
8. 日野原 伸生、「二重ベータ崩壊核行列要素と中性子-陽子対相関」、二重ベータ崩壊核行列要素に関する実験理論合同研究会、大阪大学核物理研究センター、2022年10月3-4日。

9. 鷲山 広平、「密度汎関数法に基づく自発核分裂の記述」、理研 RIBF ミニワークショップ「理論と実験で拓く中性子過剰核の核分裂」、理研和光キャンパス、2023 年 2 月 16 - 17 日.
10. 矢花 一浩、「高強度パルス光の伝搬とエネルギー移行の第一原理計算」レーザー学会第 43 回年次大会、ウインクあいち、2023 年 1 月 18 - 20 日.
11. 矢花 一浩、「フェムト秒レーザーから物質へのエネルギー移行の第一原理計算」第 5 回天田財団レーザプロセッシング助成研究成果発表会、2022 年 4 月 20 日.
12. 矢花 一浩、「フェムト秒レーザーから物質へのエネルギー移行過程に対する第一原理計算」電気学会全国大会、名古屋大学、2023 年 3 月 15 - 17 日.

B) 一般講演

1. 清水 則孝、「大規模殻模型計算 I: 基礎」、光核反応スクール、レクチャー、大阪大学豊中キャンパス、2022 年 7 月 19 日.
2. 清水 則孝、角田 佑介、「角運動量射影におけるガウス型求積法」、日本物理学会 2022 年秋季大会、岡山理科大学、2022 年 9 月 6 - 8 日.
3. 日野原 伸生、「平均場理論によるアルファノックアウト反応の遷移振幅の計算」、RCNP 研究会「原子核反応研究の最近の話題と展望」、大阪大学核物理研究センター、2022 年 7 月 8 - 9 日.
4. 日野原 伸生、中務 孝「 α 粒子遷移振幅への対相関の影響」、日本物理学会 2022 年秋季大会、岡山理科大学、2022 年 9 月 6 - 8 日.
5. 日野原 伸生、「Nuclear Structure calculation for double-beta decay」、GPPU Seminar、東北大学宇宙創成物理学共同大学院、2022 年 11 月 22 日.
6. 日野原 伸生、大石 知広、吉田 賢市、「有限核での同種粒子間スピン三重項対凝縮の分析」、日本物理学会 2023 年春季大会、オンライン、2023 年 3 月 22 - 25 日.
7. 角田 佑介、清水 則孝、大塚 孝治、「モンテカルロ殻模型による N=50 近傍の核構造の研究」、日本物理学会 2022 年秋季大会、岡山理科大学、2022 年 9 月 6 - 8 日.
8. 角田 佑介、「モンテカルロ殻模型計算による r 過程核の研究」、「富岳で加速する素粒子・原子核・宇宙・惑星」シンポジウム、神戸大学、2022 年 12 月 12、13 日.
9. 角田 佑介、清水 則孝、大塚 孝治「モンテカルロ殻模型による N=50 近傍の核構造の研究」、日本物理学会 2023 年春季大会、オンライン、2023 年 3 月 22 - 25 日.
10. 鷲山 広平、吉田 賢市「中性子数 28 近傍の中性子過剰核における変形揺らぎと非軸対称ダイナミクス」、日本物理学会 2022 年秋季大会、岡山理科大学、2022 年 9 月 6 - 8 日.
11. 鷲山 広平、「原子核集団運動における集団慣性と対相関」、RCNP 研究会「微視的系と巨視的系における核子対凝縮相」、大阪大学核物理研究センター、2022 年 9 月 26 - 28 日.

12. 鷲山 広平、「四重極集団模型による質量数 80 近傍核の変形共存現象の記述」、日本物理学会 2023 年春季大会、オンライン、2023 年 3 月 22–25 日.
13. 矢花 一浩、「先端の光科学のための第一原理計算ソフトウェア SALMON の開発と応用」第 35 期 CAMM フォーラム本例会 オンライン講演、2022 年 4 月 1 日.
14. 矢花 一浩、「フェムト・アト秒スケールの実時間第一原理計算」、第 67 回物性若手夏の学校講義、オンライン、2022 年 8 月 3–5 日.
15. 矢花 一浩、「ここまで来た物質科学の GPU 活用」、CMSF 勉強会“プログラム高度化最前線と今後の課題共有”、オンライン、2022 年 9 月 16 日.
16. 矢花 一浩、「高次高調波発生と光伝搬ダイナミクス」、Q-LEAP 第 21 回 ATTO 懇談会、東大理・化学本館、2022 年 9 月 28 日.
17. 矢花 一浩、「光科学のための第一原理計算ソフトウェア SALMON の開発とその GPU 化」、GPU UNITE、オンライン、2022 年 10 月 7 日.
18. 矢花 一浩、「フェムト秒レーザー初期過程のための理論と計算」、日本光学会冬季講習会、講師、オンライン、2023 年 1 月 26 日.
19. 佐藤 駿丞、第一原理電子ダイナミクス計算による光誘起超高速現象の微視的解析」、物質設計評価施設 (MDCL) セミナー、東京大学物性研究所、2022 年 10 月.
20. 佐藤 駿丞、「強レーザー電場下におけるアト秒電子ダイナミクスの第一原理的解析(シンポジウム講演)」、第 70 回 応用物理学会春季学術講演会、上智大学、2023 年 3 月.
21. 佐藤 駿丞、「光誘起非平衡電子ダイナミクスの第一原理計算(シンポジウム講演)」、日本物理学会 2023 年春季大会、オンライン、2023 年 3 月 22–25 日.

C) ポスター発表

1. 角田 佑介、「モンテカルロ殻模型とその発展的手法による原子核の形状の研究」、第 2 回「富岳」成果創出加速プログラム研究交流会、オンライン、2023 年 3 月 7–8 日.

D) その他

1. 日野原 伸生、「流れるスピン」(パネルディスカッション・パネラー)、第 4 回若手放談会：エキゾチック核物理の将来、理研神戸・融合連携イノベーション推進棟、2023 年 3 月 15–17 日.

(4) 著書、解説記事等

1. 中務 孝、「原子核の観点から見る量子多体系：有限系における量子現象」、数理科学 第 60 巻 12 号、特集「量子多体系の物理と数理」(サイエンス社)、pp.36-43 (2022).

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

1. 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・実験、原子核実験分野との連携.

産学官連携

なし

国際連携・国際活動

1. 中国・浙江大と中性子星のクラスト構造・グリッチ起源に関する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」の中で実施（中務）。
2. 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）。
3. 理研 RIBF、ミシガン州立大学 NSCL でおこなわれた加速器実験の国際共同研究に参加（清水、角田）。
4. ボルドー大学、オーストラリア国立大学、インド工科大学ボンベイ校の理論研究者と、時間依存密度汎関数理論を用いたレーザーによる物質の励起過程に関する共同研究を実施（矢花）。

8. シンポジウム、研究会、スクール等の開催実績

1. International Advisory Committee for YIPQS long-term workshop “Mean-field and Cluster Dynamics in Nuclear Systems 2022 (MCD2022)”, Kyoto, Japan, May 9-June 17, 2022 (中務).
2. Organizing Committee, Physics of RI: Recent progress and perspectives”, Wako, Japan, May 30-June 1, 2022 (中務).
3. International Advisory Committee for RPMBT-XXI, Chapel Hill, September 15, 2022 (中務).
4. Organizing committee for The 30th Anniversary Symposium of the Center for Computational Sciences at the University of Tsukuba, Tsukuba, Japan, October 13-14, 2022 (中務、日野原).
5. International Advisory Committee and selection committee for Best Young Speaker Award for Topical Workshops on Modern Aspects of Nuclear Structure, Bormio, Italy, February 6-11, 2023 (中務).
6. Organizing committee for YIPQS long-term workshop, “Mean field and Cluster Dynamics in Nuclear Systems 2022 (MCD2022)”, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto Univ., Kyoto, Japan, May 9-June 17, 2022 (日野原).
7. 「二重ベータ崩壊核行列要素に関する実験理論合同研究会」、大阪大学核物理研究センター、2022年10月3-4日、世話人(日野原).
8. SALMON の利用に関するチュートリアルを、大阪大学コンピューショナル・マテリアルズ・デザイン(CMD)ワークショップにおいて、アドバンストコースとして年2回実施した。また、高度情報科学技術研究機構の支援のもと、名古屋大学情報基盤センターにおいてハンズオンチュートリアルを実施した（矢花）。

9. 管理・運営

矢花 一浩

計算科学研究センター副センター長、センター長特別補佐

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先端計算科学推進室室長

計算科学研究センター共同研究委員会委員

計算科学研究センター量子物性研究部門長

数理物質系物理学域運営委員

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

学群教育会議議員

理工学群物理学類長

理工学群運営委員会委員

理工学群共通数学検討委員

ダイバーシティ・アクセシビリティ担当教員

HPCI コンソーシアム機関代表

清水則孝

計算科学研究センター 共同研究委員会委員

計算科学研究センター 先端計算科学推進室員

日野原伸生

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 European Physical Journal A

Editor for International Journal of Modern Physics E

JAEA タンデム専門委員会委員

JAEA-ASRC 国際評価委員会委員

素粒子奨学会運営委員・中村誠太郎賞選考委員

HPCI システムの利用研究課題選定レビュアー

第 19 回日本物理学会 Jr.セッション (2023) 審査委員

第 12 回茨城県高校生科学研究発表会 審査委員

清水則孝

理研仁科センター RI Beam Factory User Executive Committee 委員

計算基礎科学連携拠点 運営委員会 委員

HPCI システムの利用研究課題選定レビュアー

埼玉大学 テニユア審査委員会 外部委員

日野原伸生

理研仁科センター RI Beam Factory User Executive Committee 委員

11. その他

1. 中務、YouTube 動画「原子核の形はどのように決まるのか？」（制作：広報戦略室）