

V. 原子核理論グループ

教授 矢花一浩

講師 橋本幸男、中務 孝

準研究員 伊藤 誠

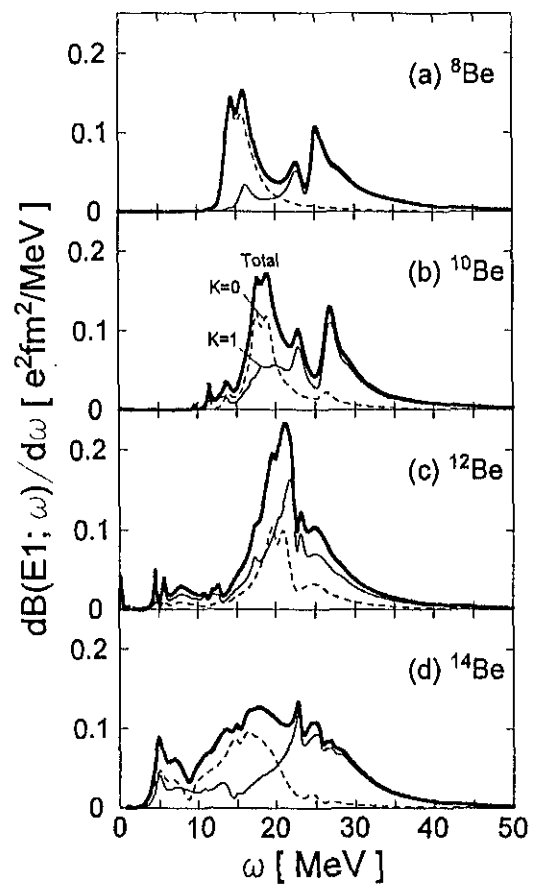
大学院生 6名

【1】不安定核の構造

(1) 微小振幅時間依存平均場理論による連続線形応答

(矢花、中務)

時間依存平均場理論の微小振幅近似である乱雑位相近似(RPA)は、原子核の励起状態や応答関数の記述において標準的理論として成功してきたが、連続状態への結合を考慮した自己無撞着な計算はこれまでほとんど存在せず、また変形核においては皆無であった。我々は、球対称性を持たない系の記述に有効な3次元正方格子表示を用いた連続RPAの解法として、厳密な外向波境界条件のグリーン関数法(修正 Sternheimer 法)と近似的な吸収境界条件を用いた実時間法の計算コードを開発した。これら二つをいくつかの例に対して適用し、その同一性を確認した。また、Skyrme 相互作用を用いたHF+RPA計算においてこれまで無視されてきた残留相互作用の効果を見るため、 ^{16}O の双極子共鳴の強度関数を計算し、スピン依存力の重要性を指摘した。さらに、ベリリウム・アイソトープに対して計算を行い、低エネルギーのE1状態と高エネルギーの巨大共鳴について解析を行い、現存する実験データとの比較も行った。右図は、計算されたベリリウム・アイソトープのE1強度関数分布。中性子数の増加とともに、低エネルギーに強いピークが現れてくることが見られる。



(2) パリティ射影・角運動量射影法による原子核構造

(矢花、中務、太田)

空間的に孤立した系である原子核では、角運動量やパリティが良い量子数である。一方平均場近似は、しばしば系の持つ対称性を破る平均場を与える。原子核の場合、パリティを破る平均場解が得られる

ことはまれであるが、回転対称性は閉殻近傍を除く多くの核で破れている。対称性を破った平均場解から対称性を回復する手続きは射影演算子を用いる方法が古くから知られており、回転対称性の回復した計算により系の回転スペクトルや遷移強度など実験値と比較することが可能になる。我々は、基底状態について非常に高精度な記述を与える Skyrme-Hartree-Fock 平均場解に対する変分後(前)射影計算を行った。

パリティ射影後変分と変分後角運動量射影により、負パリティ励起状態に対する計算を可能にし、安定核において顕著なクラスター構造が発現することを示してきた。この方法を実験データで励起状態が観測されている安定領域から離れたマグネシウムのアイソトープに対して適用し、中性子数20の魔法数(^{32}Mg)において基底状態が大きく変形することを見た。ここでは、角運動量射影による回転対称性の回復が非常に重要であることがわかった。E2遷移確率の結果も実験データと良く一致し、これまで Skyrme 相互作用を用いた平均場計算では説明できないとされていた現象を理論を改良することで説明に成功した。

(3) 吸収境界条件法の微視的クラスターモデルへの拡張

(伊藤、矢花)

孤立系にある1つの原子核を、更に細かい原子核、つまりクラスター核の集合体と考え、各クラスターに含まれる核子間の反対称化を完全に考慮した上で、それらの間の動力学を解く『微視的クラスターモデル』は、軽い核の核構造を述べるのに非常に大きな成功を収めている。こうしたクラスターモデルのうち、『生成座標法(GCM)』と呼ばれる手法は、核子間の反対称化を比較的簡単に扱うことが可能であるため、これまでの研究においても非常に多く用いられてきた。しかしながら、この方法では、系が共鳴状態にある場合の複素共鳴パラメータを直接に計算することが困難であった。そこで我々は、分子物理学で成功を収めていた『吸収境界条件法』をGCMへ適用し、共鳴パラメータを計算する方法を開発した。この手法では、系の外側に引力の虚数ポテンシャルを配置し、遠方での波動関数の振幅を吸収することにより、共鳴状態の崩壊幅を計算するものである。具体的には、 $\alpha + ^6\text{He}$ 系の single-channel 及び coupled-channel の問題へ適用を行い、共鳴状態の崩壊エネルギー、崩壊幅の計算が可能であることを示し、また、通常の散乱問題の解との比較を行い、両者が一致していることを示した。

(4) 一般化二中心クラスターモデルによる Be 同位体の励起構造の研究

(伊藤、加藤(北大理)、池田(理研))

近年の研究により、軽い中性子過剰核の励起状態において、複数のコア原子核と過剰中性子の一粒子運動が結合した「分子軌道構造」が発現することが明らかになってきている。こうした構造は特に Be アイソトープに顕著であり、2つの α コア核の周りで、過剰中性子が π 軌道、 σ 軌道などの共有結合構造をとっている。さらにこの系の高励起状態において、例えば $^{10}\text{Be} = \alpha + ^6\text{He}$ 、 $^{12}\text{Be} = ^8\text{He} + ^4\text{He}$ といった「中性子過剰な He クラスター構造」の存在が実験的に示唆されている。我々は、(2つのコア原子核)+(過剰中性子)の系を系統的に取り扱うことが可能である「一般化2中心クラスターモデル」を ^{10}Be へ適用し、構造変化の分析を行った。このモデルは2つのコア原子核の周りでの原子価結合配位を考え、角運動量射影を完全に考慮した上でそれらの結合を解くもので、分子軌道状態と漸近領域における2原子核状態を滑らかにつなぐことが可能なモデルである。具体的には、 ^{10}Be における、断熱的エネルギー曲線における構造変化の議

論を行った。また先に開発を行った『吸収境界条件法』を適用することにより、共鳴状態における構造変化を分析し、その結果、連続エネルギー領域においては、 $\alpha + {}^6\text{He}$ 構造が発達することを明らかにした。

【2】不安定核の反応

(1) ハロー核融合反応に対する 3 体計算による研究

(伊藤、矢花、中務)

中性子過剰核の融合反応は、安定核に比べて過剰中性子の引力から断面積の増大が期待されている。ハロー核は過剰中性子が非常にゆるく結合した特異な系であるので、それを入射核とした融合反応では、過剰中性子が反応過程に及ぼす効果に興味をもたれている。過剰中性子の効果は、とりわけ、入射核と標的核のクーロンバリア程度のエネルギーで入射する反応で最も顕著になると予想されるが、そのようなエネルギー領域では、ハロー核と標的核全系のダイナミクスを正確に解く必要がある。我々はこれまで、時間依存波束理論を用いて量子力学的な 3 体問題を厳密に解く手法を開発し、それを 1 中性子ハロー核の融合反応に適用してきた。この手法は反応過程をアニメーションを用いて視覚的に表現することが可能な新しい理論である。今回はこの手法を ${}^{11}\text{Be} = {}^{10}\text{Be} + n$ が入射する ${}^{11}\text{Be} + {}^{208}\text{Bi}$ 反応、及び ${}^6\text{He} = \alpha + 2n$ 入射の ${}^6\text{He} + {}^{235}\text{U}$ 反応へ適用した。実験結果では、両者の系とも、当初予想されていたような融合断面積の増加は観測されていなかったが、我々の計算は、実験データの傾向を定性的に再現することに成功している。これは、ハロー核が標的核に接近した場合、融合する前にハロー中性子が簡単に解離してしまい、入射核のもつ入射エネルギーを持ち出してしまう為に、融合確率が抑制されてしまうためである。また現在、同様な計算を陽子ハロー核である、 ${}^{17}\text{F} = {}^{16}\text{O} + p$ 、 ${}^8\text{B} = {}^7\text{Be} + p$ への拡張を進めている。

(2) 中性子過剰核の分解反応と低エネルギー衝突における Landau-Zener 遷移の研究

(伊藤)

これまでの分解反応の研究では、単純な 2 体構造を持つ原子核に関するものが主であり、過剰核子が存在する系の分解反応については、まだ十分な研究がなされていない。そこで我々は、(2 コア核)+(過剰核子)系に関する分解反応の分析を進めている。具体的には、 ${}^{10}\text{Be} = \alpha + \alpha + 2n$ 系に対して一般化二中心クラスターモデルを適用し、 ${}^{10}\text{Be} \rightarrow \alpha + {}^6\text{He}$ 、 ${}^5\text{He} + {}^5\text{He}$ の分解反応の分析を行い、複合系の核構造と反応機構に関係に注目して研究を進めている。 ${}^{10}\text{Be}$ には分子軌道状態と、原子軌道状態が混在して発現することが明らかになりつつあるが、反応が 1 段階で終了する直接分解過程では、前者よりも後者が強く励起されることを示した。

また、同じ系に関する逆プロセスである、 $\alpha + {}^6\text{He}$ 低エネルギー衝突についても分析を行った。上記の分解反応と同様、こうした過剰核子が存在する系の低エネルギー反応の分析はこれまであまり進められていない。具体的には、断熱状態間の遷移として知られる Landau-Zener 遷移の発現機構に注目して分析を行った。その結果、正パリティ状態においては、反応過程は断熱的に進行するが、負パリティ状態においては、反応は透熱的に進行するため、Landau-Zener 遷移が強く起こることが明らかになった。これは負パリティにおいては、 $\alpha + {}^6\text{He}$ のパリティ反転二重項が発達していることが原因であり、Landau-Zener 遷移と核構造変化の関係を初めて明らかに指摘したものである。

【3】原子核集団運動の理論

(1) 断熱自己無撞着集団座標法 (ASCC法) による変形共存現象の研究

(中務、小林(京都大)、松尾(新潟大)、松柳(京都大))

調和近似を超えたレベルで、多体系の集団運動を扱える自己無撞着集団座標法 (SCC法) の新しい解法として、断熱近似を用いることで大振幅のダイナミクスを考慮することを可能にした。これまでこの理論の応用として、簡単な模型を用いた解析を行ってきたが、初めての現実の原子核に対する応用として、 $A=60$ 領域の陽子過剰核において観測されている変形共存現象を、対・四重極 (P+Q) 相互作用を用いて解析した。低エネルギーの原子核ダイナミクスにおいて重要とされる対相関、軸対称性をもつベータ変形、それを破るガンマ変形の自由度が複雑に絡み合った大振幅の集団運動を解析した。その結果、 ^{68}Se においては、プロレートとオブレートの変形共存においてガンマ自由度の集団運動が重要な役割を果たしており、一方 ^{72}Kr においては、ベータとガンマ自由度双方がそのダイナミクスに効いていることを示した。このように陽子・中性子数をわずかに変えるだけでそのダイナミクスに大きな変化があることは、自己無撞着な集団自由度の選択が重要であることを示唆している。

(2) 原子核集団運動における質量パラメータ

(中務、日野原(京都大)、小林(京都大)、松尾(新潟大)、松柳(京都大))

原子核の低エネルギー集団励起の典型例として振動励起が挙げられるが、その実験データの系統的解析の結果として、復元力は古典的模型で定性的な理解が可能であるが、質量パラメータは全く実験データを再現しないことが知られている。この事実は、原子核の集団運動において、質量パラメータには量子力学的な効果が強く反映していることを示唆している。我々は、厳密に解ける模型を用いて、いくつかの代表的な質量パラメータを計算し、集団ハミルトニアンを量子化することでスペクトル・遷移強度などを計算した。その結果、一般に良く用いられているクランキング質量は場合によって厳密解を全く再現しない一方で、上で述べたASCC法は良く再現することを示した。クランキング質量や生成座標法 (GCM) の結果などの問題点を整理し、静的性質を超えた動的相関の重要性を認識した。

(3) 原子核の三次元回転運動

(橋本、堀端(青森大・工))

有限量子系である原子核の集団運動のなかでも回転運動は大きさを持つ系に特徴的な運動として注目を集め、さまざまな角度から研究されている。クランキング模型は軸対称変形した核の主に最短軸の回りの一様な回転運動を記述する模型として用いられ、定性的・定量的に核の回転運動を記述することに成功してきた。一方、核の変形が軸対称でない場合は、主軸回りの回転運動が不安定化し、主軸以外の回転軸の回りに安定な一様回転運動を持つ可能性が指摘されている。その背景には運動エネルギーと対相関と四重極相関 (非軸対称性) の間の微妙な競合が考えられる。このような主軸回りではない回転運動の微視的な機構を調べるために、密度依存型の有効相互作用を用いたハートレーフォック・ボゴリューボフ (HFB) にもとづいた定式化を進めてきた。テストケースとして、対相関の影響を考慮する基礎となるハートレーフォック (HF) の枠組みで三軸非対称核が回転軸の傾きに対してどう内部状態を変化させるかを調べた。 $\text{Mg}24$ は HF の範囲で三軸非対称の基底状態を持つ。最短軸回りのクランキングからはじめて最長軸にむけて回転軸を傾ける。角運動量の大きさがある程度までであれば最短軸回りの回転が安定であるが、角運動量が大きくなるにつれて非主軸方向でエネルギーが最小になる角度があることがわかる。さ

らに角運動量を増加させると三軸非対称から軸対称形へ急激に変化する点が現れる。HFBではこのような形の変化が対相関でどのように変更を受けるかを検討している。

(4) 原子核の集団的トンネル遷移の理論

(丸山(東北大・理)、橋本、香村(城西大・経済))

原子核では平均場が良い近似になることが知られている。平均場は、それぞれが持つ対称性に応じて局所平衡点として多数存在する。平均場は古典的な枠組みであるので、異なる平均場間(局所平衡点間)はポテンシャルの”山”で隔てられていてそのままでは遷移は起こらない。一方、量子力学的には局所平衡点の周りには揺らぎがあり、また、エネルギー的に可能な状態間にトンネル効果による遷移を起こすことができる。原子核の場合には、ポテンシャルは構成核子が自己無撞着に作るものであり、外から与えられた障壁をトンネルする場合とは状況は異なっている。このような遷移の例としては、oblate 型の局所平衡点から prolate 型の局所平衡点への遷移が知られている。

我々は、Si28を対象にして、平均場の形が変化しつつ起こるトンネル遷移を記述するための理論的な枠組みを展開しつつある。モデル空間はsd軌道とし、その詰め方によって oblate 型、prolate 型の2種類が存在できる。2体力は四重極型(Q・Q)をとる。二個の平均場間には1体ポテンシャルの立場では山があるように見える。しかし、oblate 側の平均場から作る粒子空孔励起を基底として2体相互作用 Q・Q を行列表現すると(断熱基底表示)対角成分は1体ポテンシャルの山に相当する。そのまわりに揺らぎを表す非対角部分がある。この”有効”行列を用いて二個の平均場間のトンネル遷移の確率を求めることができる。我々は丸山氏のアイデアに基づき、粒子空孔励起を SU(5)から SU(6)代数に拡張した表現空間内で分類して基底を作り、Q・Q の行列の構造を調べてトンネル遷移に相当するモードを見つけ出す方法を提出した。遷移の中間状態では、x、y、zのそれぞれの方向に変形した平均場を重ね合わせた状態を用いることが重要であることがわかった。この方法は、角運動量射影の簡便法となっていると期待している。また、中間状態に参加する状態の角運動量ごとの寄与が整理されつつある。

(5) スレーター行列式の重ね合わせによる原子核の基底・励起状態の記述

(矢花、中務、篠原、太田)

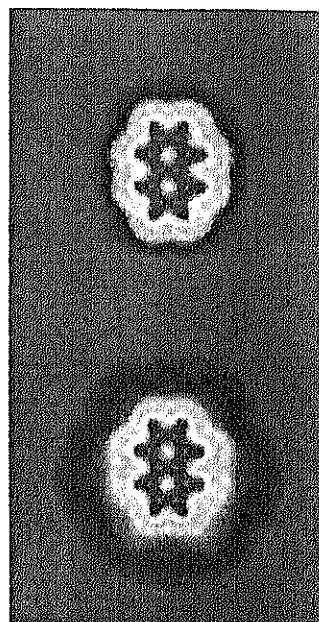
軽い核から重い核まで広範囲の原子核に対して、有効相互作用を用いた Hartree-Fock(-Bogoliubov)理論が、基底状態の質量、半径、変形などを高精度で再現することは良く知られている。励起状態に関して時間依存平均場の小振幅近似をしたのがいわゆる乱雑位相近似(RPA)であるが、調和近似という制限があり、基底状態と大きく異なる状態をどう統一的に記述するかは重要な課題である。また、質量の再現性において、平均場を越える基底状態相関の重要性が示唆されている。生成座標の方法(GCM)によって平均場状態(スレーター行列式)を重ね合わせる方法がよく試みられているが、この場合、あらかじめ複数のスレーター行列式をア・プリオリに選んでおく必要がある。我々は、変分的あるいはランダムに複数個のスレーター行列式を選び出し、3次元実空間上でそれらを構成し、一般化固有値問題(Hill-Wheeler 方程式)を解く計算コードを開発した。これにより、基底状態相関と励起状態を同時に記述することを試みている。現在、有効相互作用に特有の不安定性の問題解決や、数値計算法の改良などに取り組んでいる。

【4】電子系のダイナミクス

(1) 強レーザー場中にある分子のイオン化過程

(矢花、乙部、信定(分子研))

強いレーザー場中にある原子・分子のイオン化過程に対して、第一原理計算による記述を進めた。通常原子や小さな分子では、トンネルイオン化が主となる場合にイオン化ポテンシャルとイオン化率は強く相関することが知られている。一方分子サイズが増すにつれて、イオン化ポテンシャルが同程度であってもイオン化率が減少することが知られている。この理由を明らかにするために、密度汎関数法を用いたマイクロな分析を試みた。分子サイズが増すにつれてイオン化率を抑制する一つのメカニズムは分極による遮蔽効果である。また、分子がサブユニットを持つ場合には、HOMO 軌道の分極効果が外場と逆方向に働き、電子が電場の向きと逆向きに局在し、トンネルイオン化を抑制するメカニズムも考えられる。これらの効果を、希ガス原子、サイズの異なる有機分子としてエチレン、ベンゼン、ナフタレンについて計算を行い、定量的に調べた。



また、貴金属の分子やクラスターでは、イオン化に主に寄与する s 電子とともに、芯電子である d 殻電子がスクリーニング効果を介してイオン化に影響すると考えられる。2-8 量体の銀クラスターに関して、イオン化プロセスの実時間計算を行い、外場の振動数がイオン化に及ぼす影響や d 電子のスクリーニング効果を論じた。

右図は、ナフタレン分子に強レーザー場をあてたときの電子密度分布の時間変化を示したもの。

(2) 強レーザー場中にある原子・分子からの高次高調波発生

(矢花、乙部、信定(分子研))

強レーザー場中にある原子・分子から放出された電子は、振動電場による再加速によって原子・分子と衝突する。その電子の再散乱で起こる過程の一つが高次高調波発生である。これは 90 年代初頭から見出され、そのメカニズムも解明されているが、最近配向した分子からの高調波が観測され、新たな展開を見せている。例えば、分子軸とレーザーの偏向面の関数として高次高調波を測定し、その結果から分子の HOMO 軌道を再構成する(分子トモグラフィ)ことが提案され報告されている。このような例から、再散乱電子は物質の電子構造を探る新しいプローブとして期待を集めている。

配向した分子からの高次高調波発生をマイクロに記述するためには、3次元的な多電子ダイナミクス計算が有効である。しかし再散乱の記述のためには非常に広い空間領域にわたる計算が必要とされるため、これまでほとんどなされていない。今年度、 N_2 分子、及び銀クラスターに関して、3次元的な多電子ダイナミクス計算を行い、高次高調波発生のプロセスに関して予備的な結果を得た。

(3) 交換相関ポテンシャルの非局所効果と分極率

(矢花、田上)

時間依存密度汎関数法は、比較的軽い計算量でありながら分子の励起エネルギーを一定の精度で記述する枠組みとして、近年量子化学計算を中心に発展が著しい。その中で明らかにされてきた欠点として、

長鎖分子の励起エネルギーが過小評価されるという問題がある。長鎖分子では分極率の過大評価も問題となるが、両者は密接に関係しており、交換ポテンシャルの局所密度近似の破綻に関連することが知られている。我々は、長鎖分子の例として炭素クラスターと鎖状水素分子を例に取り、交換ポテンシャルの非局所性の果たす役割について検討を加えた。特に、最適化有効ポテンシャルを構成し、非局所な交換ポテンシャルを局所化してその役割を調べた。その結果、交換ポテンシャルの局所密度近似が破綻する条件として、分子長が長いこととともに原子間隔の結合長に交代変化があり、HOMO-LUMO ギャップが現れる場合に限られることを明らかにした。また、交換ポテンシャルの非局所性を局所近似で表す可能性として、カレント汎関数計算法の実時間計算を試みたが、安定した計算結果を得るに至らなかった。

(4) ブラソフ方程式を用いた多電子ダイナミクスの記述

(矢花、濱田(甲南大))

多電子ダイナミクスを第一原理的に記述する時間依存 Kohn-Sham 方程式に半古典近似を加えたものが Vlasov 方程式である。Vlasov 方程式は、フェルミ面にギャップの無い金属物質に対して、量子計算に極めて近い結果を与えることが知られている。また、Vlasov 方程式のメリットとして、衝突項や相対論など量子論的扱いで取り入れることが困難な効果を比較的容易に取り入れられる点も挙げられる。我々は、Vlasov 方程式のテスト粒子法による記述の改善を進めている。従来のテスト粒子法では金属クラスターに対する記述が主であったが、より一般の系の記述に用いる可能性を広げることを目標として、初期のテスト粒子分布の改善を試みている。

<学位>

1. 理学博士:
大田寛史
Parity and angular momentum projection approach to light nuclei
2. 理学博士:
乙部智仁
First-principle calculation for the ionization rate of atoms and molecules under intense laser fields
3. 理学修士:
田上綾香
最適化有効ポテンシャルによる直鎖状分子の分極率

<発表論文>

1. Shiratori, K. Nobusada, K. Yabana
Multiple ionization of a silver diatomic molecule in an intense laser field
Chem. Phys. Lett. 404 (2005) 365.
2. Nobusada, K. Yabana
High-order harmonic generation from silver clusters: Laser-frequency dependence and the screening effect of d electrons
Phys. Rev. A70 (2004) 043411.

3. T. Otobe, K. Yabana, J.I. Iwata
First-principle calculations for the tunnel ionization rate of atoms and molecules
Phys. Rev. A69 (2004) 053404.
4. J.-I. Iwata, K. Yabana, G.F. Bertsch
Real-space computational method for linear and nonlinear polarizabilities
Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering 4 (2004) 461.
5. T. Nakatsukasa, M. Ueda, and K. Yabana
Continuum response and reaction in neutron-rich be nuclei
AIP Conference Proceedings 701 (AIP Press, 2004) p.179.
6. Nakatsukasa, K. Yabana, M. Ito, M. Kobayashi, and M. Ueda
Fusion reaction of halo nuclei: proton versus neutron Halo
Prog. Theor. Phys. Suppl. 154 (2004) 85.
7. T. Nakatsukasa and K. Yabana
Response in the continuum for light deformed neutron-rich nuclei
Proc. of Int. Symp. on "A New Era of Nuclear Structure Physics (NENS03)", (World Scientific, 2004)
p.251.
8. M. Kobayasi, T. Nakatsukasa, M. Matsuo, and K. Matsuyanagi
Application of the adiabatic self-consistent collective coordinate method to the prolate-oblate shape
coexistence phenomena
Proc. of Int. Symp. on "A New Era of Nuclear Structure Physics (NENS03)", (World Scientific, 2004)
p.349.
9. M. Ueda, K. Yabana, and T. Nakatsukasa
Absorbing Boundary Condition Approach to Breakup Reactions of One-Neutron Halo Nuclei
Nucl. Phys. A738 (2004) 288.
10. K. Yabana, M. Ito, M. Kobayashi, M. Ueda, and T. Nakatsukasa
Fusion reaction of halo nuclei: A time-dependent approach
Nucl. Phys. A738 (2004) 303.
11. H. Ohta, K. Yabana, and T. Nakatsukasa
Variation after parity projection calculation with Skyrme interaction for light nuclei
Phys. Rev. C70 (2004) 014301.
12. M. Kobayasi, T. Nakatsukasa, M. Matsuo, and K. Matsuyanagi
Collective path connecting the oblate and prolate local minima in ^{68}Se
Prog. Theor. Phys. 112 (2004) 363.
13. T. Nakatsukasa and K. Yabana
Linear response in the continuum for deformed nuclei: Green's function vs time-dependent
Hartree-Fock with the absorbing-boundary condition
Phys. Rev. C71 (2005) 24301.
14. M. Kobayasi, T. Nakatsukasa, M. Matsuo, and K. Matsuyanagi

- Collective paths connecting the oblate and prolate shapes in ^{68}Se and ^{72}Kr suggested by the adiabatic self-consistent collective coordinate method
 Prog. Theor. Phys. **113** (2005) 129.
15. T. Nakatsukasa and K. Yabana
 Unrestricted TDHF studies of nuclear response in the continuum
 To be published in Eur. Phys. J. A. direct.
 16. H. Ohta, K. Yabana, and T. Nakatsukasa
 Light exotic nuclei studied with the parity-projected Hartree-Fock method
 To be published in Eur. Phys. J. A. direct.
 17. D. Ward, R.M. Clark, M. Cromaz, M.A. Deleplanque, R.M. Diamond, P. Fallon, G.J. Lane, I.Y. Lee, A. Goergen, A.O. Macchiavelli, F.S. Stephens, C.E. Svensson, K. Vetter, D. Cline, A.B. Hayes, R. Teng, C.-Y. Wu, and T. Nakatsukasa
 The nuclear structure of ^{235}U
 To be published in Proc. of Int. Conf. on "Nuclei at the Limits", AIP press.
 18. S. Shinohara, H. Ohta, T. Nakatsukasa, K. Yabana,
 Nuclear excitations described by the randomly selected multiple Slater determinants,
 To be published in J. Phys. G.
 19. H. Ohta, T. Nakatsukasa, K. Yabana
 Parity projected Skyrme Hartree-Fock and angular momentum projection approach to Mg isotopes
 To be published in J. Phys. G.
 20. T. Inakura, M. Yamagami, K. Matsuyanagi, S. Mizutori, H. Imagawa and Y. Hashimoto,
 Static and dynamic non-axial octupole deformations suggested by Skyrme-HF and Selfconsistent RPA calculations
 Int. Journ. Mod. Phys. E13 (2004) 157-163.
 21. Y. Hashimoto and T. Horibata,
 Tilted Axis Rotation in Hartree-Fock Framework,
 INFORMATION, Vol.8, No.3 (2005), in press.
 22. Y. Hashimoto and T. Horibata,
 Microscopic Theory of Three-dimensional Nuclear Rotation, Proceedings of the Third International Conference on Information (Edited by Lei Li and Kang K. Yen, Nov.29-Dec.2, 2004, Hosei University, Tokyo.)
 23. M. Ito, K. Kato, and K. Ikeda
 Application of the generalized two-center cluster model to ^{10}Be
 Phys. Lett. B113 (2004) 43-48
 24. M. Ito, K. Yabana
 Absorbing kernels to study resonances in the generator coordinate method
 Prog. Theor. Phys. **113**, in press.
 25. N. Itagaki, H. Masui, M. Ito and S. Aoyama

Simplified modeling of cluster-shell competition

To be published in Phys. Rev. C

26. N. Itagaki, H. Masui, M. Ito and S. Aoyama
Direct inclusion of the tensor contribution in α -cluster model in a simplified way
Submitted to Phys. Rev. C
27. M. Ito, K. Kato and K. Ikeda
Study of Be isotopes based on the generalized two-center cluster model
Proc. of Int. Symp. on "A New Era of Nuclear Structure Physics (NENS03)", (World Scientific, 2004) p.p.148-152.
28. M. Takashina, M. Ito, Y. Kudo, S. Okabe and Y. Sakuragi
 $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}\rightarrow^8\text{Be}+^{16}\text{O}$ resonance reactions and multi-cluster states of highly excited ^{24}Mg nucleus
Nucl. Phys. A738 (2004) 352-356
29. M. Ito, K. Yabana, K. Kato and K. Ikeda
Low energy collisions of $\alpha + ^6\text{He}$ and the continuum structures in ^{10}Be
To be published in J. Phys. G
30. M. Ito, K. Yabana, K. Kato and K. Ikeda
Unified study of the light neutron-rich nuclei from the nuclear structure and the nuclear reaction
原子核研究 Vol.49, No.4 (2005), p.p.73-78
31. M. Ito, K. Yabana, K. Kato and K. Ikeda
Low energy collisions of $\alpha + ^6\text{He}$ and the continuum structures in ^{10}Be
原子核研究 Vol.49, No.6 (2005), p.p.73-78
32. M. Ito, K. Yabana, K. Kato and K. Ikeda
Molecular structures of excited ^{10}Be and nucleon transfer in $\alpha + ^6\text{He}$ scattering
RIKEN Accel. Prog. (2005), in press
33. Y.Hashimoto and T.Horibata,
Hartree-Fock calculation of three-dimensional nuclear rotation,
RIKEN Accel. Prog. Rep. 38 (2005), in press.
34. T. Nakatsukasa and K. Yabana
Linear response theory in the continuum for deformed nuclei,
RIKEN Accel. Prog. Rep.. (2005), in press.
35. H. Ohta, K. Yabana, and T. Nakatsukasa
Variation after parity projection calculation with Skyrme interaction for light nuclei
RIKEN Accel. Prog. Rep.. (2005), in press.
36. M. Ito, M. Kobayashi, T. Nakatsukasa, K. Yabana, and M. Ueda
Fusion reaction of halo nuclei
RIKEN Accel. Prog. Rep.. (2005), in press.

< 国際会議 >

1. T. Otobe and K. Yabana
Density functional study on the mechanisms of molecular ionization under intense laser fields
Physical Chemistry Colloquium on ultrafast and intense-field phenomena, Aug.2-3, 2004, Tohoku Univ. Sendai.
2. K. Yabana and T. Otobe
Time-dependent density-functional approach for 3D electronic dynamics in molecules
International Symposium on Ultrafast Intense Laser Science 3, Palermo, Italy, Sept. 16-21, 2004.
3. T. Otobe and K. Yabana (poster)
3D real-space simulation for electronic dynamics in molecules under intense laser field
International Symposium on Ultrafast Intense Laser Science 3, Palermo, Italy, Sept. 16-21, 2004.
4. K. Yabana
Real-space, real-time electron dynamics simulation under intense laser field
NAREGI workshop on electronic transport, excitation and correlations in nanoscience, Sapporo, Oct.4-6, 2004.
5. T. Otobe and K. Yabana
Density functional study on the mechanisms of molecular ionization under intense laser fields
International Workshop on First-Principle Quantum Methods and Applications to Dynamical Processes, Tohoku Univ. Sendai, Oct.12, 2004.
6. K. Yabana
Reaction mechanism of halo nuclei at low energy: a time-dependent wave-packet approach
Japanese-German Nuclear Structure and Astrophysics Workshop, Darmstadt, Germany, Dec.16-18, 2004.
7. K. Yabana
Quantum simulation for many-electron dynamics in molecules under intense laser field
International symposium on atoms, molecules, and clusters in intense laser field 2, Tokyo, Jan. 24-25, 2005.
8. T. Nakatsukasa and K. Yabana
Unrestricted TDHF studies of nuclear response in the continuum
Int. Conf. ENAM04, Callaway Garden, GA, USA, September 12-16, 2004
9. H. Ohta, K. Yabana, and T. Nakatsukasa
Light exotic nuclei studied with the parity-projected Hartree-Fock method
Int. Conf. ENAM04, Callaway Garden, GA, USA, September 12-16, 2004
10. M. Kobayasi, T. Nakatsukasa, M. Matsuo, and K. Matsuyanagi
Collective path connecting the oblate and prolate local minima in proton-rich $N=Z$ nuclei around ^{68}Se
Int. Conf. ENAM04, Callaway Garden, GA, USA, September 12-16, 2004
11. T. Nakatsukasa
Time-dependent picture of nuclear collective motion

- US-Japan collaboration workshop on “Mean-field approach to collective excitations in unstable medium-mass and heavy nuclei”, September 21-23, 2004.
12. S. Shinohara, H. Ohta, T. Nakatsukasa, K. Yabana,
Nuclear excitations described by the randomly selected multiple Slater determinants
Int. Symp. on “Correlation Dynamics in Nuclei”, Univ. of Tokyo, Japan, January 31-February 4, 2005.
 13. H. Ohta, T. Nakatsukasa, K. Yabana
Parity projected Skyrme Hartree-Fock and angular momentum projection approach to Mg isotopes
Int. Symp. on “Correlation Dynamics in Nuclei”, Univ. of Tokyo, Japan, January 31-February 4, 2005.
 14. Y. Hashimoto and T. Horibata,
Microscopic Theory of Three-dimensional Nuclear Rotation,
The Third International Conference on Information, Nov.29-Dec.2, 2004, Hosei University, Tokyo.
 15. M. Ito, K. Yabana
Absorbing kernels to study resonances in the generator coordinate method
21th meeting between Astrophysicist and Nuclear Physicists, ULB, Brussels, Belgium, December 13-14, 2004
 16. M. Ito, K. Yabana, K. Kato and K. Yabana
Low energy collisions of $\alpha + {}^6\text{He}$ and the continuum structures in ${}^{10}\text{Be}$
Japanese-German Nuclear Structure and Astrophysics Workshop, GSI, Darmstadt, German, December 16-18, 2004
 17. M. Ito, K. Yabana, K. Kato and K. Yabana
Low energy collisions of $\alpha + {}^6\text{He}$ and the continuum structures in ${}^{10}\text{Be}$
Int. Symp. on Correlation Dynamics in Nuclei (CDN05), Tokyo University, Tokyo, Japan, January 31-February 4, 2005

<国内研究会・学会等>

1. 矢花一浩
強光子場によるイオン化過程の電子ダイナミクスシミュレーション
AMO 討論会(東京大学理学研究科、2004年7月8-10日)
2. 乙部智仁、矢花一浩
強レーザー場中にある原子分子のイオン化過程の振動数依存性
日本物理学会 2004年秋季大会(高知大学朝倉キャンパス、2004年9月27日-30日)
3. 矢花一浩
ハロー核融合反応の実時間波束3体計算
少数粒子系物理の最近の発展と今後の展望(阪大 RCNP, 2004年12月23-25日)
4. 矢花一浩
PACS-CSにおける原子核・原子・分子・光科学
第1回「計算科学による新たな知の発見・統合・創出」シンポジウム(筑波大学、2005年2月15-16日)

5. 乙部智仁、矢花一浩
強光子場にある原子分子のトンネルイオン化におけるスクリーニングの効果
日本物理学会第60回年次大会(東京理科大学野田キャンパス、2005年3月24-27日)
6. 中務孝
平均場理論とその周辺・拡張
研究会「不安定核物理 この10年とこれから」理化学研究所(埼玉県和光市)、2004年6月15-17日
7. 太田寛史、矢花一浩、中務孝
パリティ射影後の変分+角運動量射影による軽い不安定核の励起構造の解析
研究会「不安定核物理 この10年とこれから」理化学研究所(埼玉県和光市)、2004年6月15-17日
8. 篠原聡始、太田寛史、矢花一浩、中務孝
乱雑な多 Slater 行列式の重ね合わせによる原子核励起状態の記述
RIBF核物理ワークショップ「不安定核の平均場と集団運動」、理化学研究所(埼玉県和光市)、
2004年9月5-7日
9. 中務孝 (シンポジウム講演)
弱結合系における新しいダイナミクス -原子核、原子分子における応答と反応-
日本物理学会 2004年秋季大会、高知大学(高知市)、2004年9月27-30日
10. 太田寛史、矢花一浩、中務孝
パリティ射影後の変分+GCMによる軽い核の励起状態の記述
日本物理学会 2004年秋季大会、高知大学(高知市)、2004年9月27-30日
11. 篠原聡始、太田寛史、矢花一浩、中務孝
乱雑な多 Slater 行列式の重ね合わせによる原子核励起状態の記述
日本物理学会 2004年秋季大会、高知大学(高知市)、2004年9月27-30日
12. 小林将人、中務孝、松尾正之、松柳研一
Shape coexistence in proton-rich Kr isotopes studied by means of the adiabatic SCC method
日本物理学会 2004年秋季大会、高知大学(高知市)、2004年9月27-30日
13. 篠原聡始、太田寛史、矢花一浩、中務孝
乱雑な多 Slater 行列式の重ね合わせによる原子核励起状態の記述
クラスタープロジェクト中間報告会、理化学研究所(埼玉県和光市)、2004年11月15-16日
14. 中務孝
時間依存密度汎関数法によるフェルミ粒子系のダイナミクス
東大CNS研究会「殻模型の学際的展開」、2005年3月3-5日
15. 篠原聡始、太田寛史、矢花一浩、中務孝
乱雑な多 Slater 行列式の重ね合わせによる原子核励起構造の記述2
日本物理学会第60回年次大会、東京理科大学野田キャンパス(千葉県野田市)、2005年3月
24-27日
16. 太田寛史、矢花一浩、中務孝
パリティ・角運動量射影+GCMによる励起構造の記述
日本物理学会第60回年次大会、東京理科大学野田キャンパス(千葉県野田市)、

2005年3月24-27日

17. 小林将人、中務孝、松尾正之、松柳研一
Oblate-prolate-spherical shape coexistence in ^{80}Zr studied by means of the adiabatic self-consistent collective coordinate method
日本物理学会第60回年次大会、東京理科大学野田キャンパス(千葉県野田市)、2005年3月24-27日
18. 日野原伸生、小林将人、中務孝、松尾正之、松柳研一
Adiabatic SCC法における質量パラメータの効果
日本物理学会第60回年次大会、東京理科大学野田キャンパス(千葉県野田市)、2005年3月24-27日
19. 丸山政弘、橋本幸男、香村利武
SU(5)模型による四重極変形状態間トンネル遷移の研究(II)
日本物理学会2004年秋季大会、高知大学(高知市)、2004年9月27-30日
20. 伊藤 誠、加藤 幾芳、池田 清美
Studies of molecular resonances in Be isotopes
RIBF-UEC/理研研究会「不安定核物理 この10年とこれから」、2004年6月15日-17日
21. 伊藤 誠、矢花 一浩、加藤 幾芳、池田 清美
Unified study of the light neutron-rich nuclei from the nuclear structure and the nuclear reaction
筑波大学加速器センター研究会「軽イオンと偏極現象:この30年から未来へ」、2004年11月26日
22. 伊藤 誠、矢花 一浩、加藤 幾芳、池田 清美
Low energy collisions of $\alpha + {}^6\text{He}$ and the continuum structures in ^{10}Be
RCNP研究会「少数粒子系物理の最近の発展と今後の展望」、2004年12月23-25日
23. 伊藤 誠、矢花 一浩
吸収境界条件法の微視的クラスター模型への適用
日本物理学会2004年秋季大会、高知大学(高知市)、2004年9月27-30日
24. 伊藤 誠、矢花 一浩、加藤 幾芳、池田 清美
Description of the cluster structure and the breakup reactions in light neutron-rich nuclei
日本物理学会第60回年次大会、東京理科大学野田キャンパス(千葉県野田市)、2005年3月24-27日

<非常勤講師・セミナー等>

1. 矢花一浩
原子核物理学
金沢大学集中講義、金沢大学理学部(金沢市)、2004年7月14-16日
2. 中務孝
時間依存理論による不安定核のダイナミクス
理論セミナー、高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所(つくば市)、2004年5月19日
3. 中務孝

時間依存理論による不安定核のダイナミクス

原子核理論セミナー、東京大学駒場キャンパス(東京)、2004年7月7日

4. 中務孝

平均場理論に基づく原子核描像

新潟大学集中講義、新潟大学大学院自然科学研究科(新潟市)、2004年7月12-14日

5. 中務孝

時間依存理論による不安定核のダイナミクス

原子核理論セミナー、新潟大学大学院自然科学研究科(新潟市)、2004年7月13日

6. 中務孝

時間依存理論による不安定核のダイナミクス

原子核理論セミナー、東京大学原子核理論研究室(東京)、2004年11月24日

7. T. Nakatsukasa

Time-dependent approach to quantum dynamics of unstable nuclei

88-inch Cyclotron Seminar, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA, USA, December 13, 2004.

8. 伊藤誠

Low energy collisions of $\alpha + {}^6\text{He}$ and the continuum structures in ${}^{10}\text{Be}$

原子核理論セミナー、北海道大学(札幌市)、2005年3月11日