

## 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 4名

### 【1】不安定核の構造

#### (1) 時間依存平均場理論による応答関数と核子ダイナミクス

(中務、矢花)

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)を、実空間・実時間形式で数値的に解くことにより、連続状態との結合を考慮した完全自己無撞着な応答関数の計算を実行した。重心運動や回転運動といった対称性の破れに起因する集団運動は、このような実時間形式において大きな問題となってしまいが、我々は方程式を線形化し、明示的にこれらのモードを抜き去ることで、この問題を解決することに成功した。簡単な相互作用の場合に、この方法の有用性・精密性を確かめ、現実的な有効核力である Skyrme 力に適用を開始した。

また、陽子と中性子という2種類のフェルミ粒子からなる核子の複雑な実時間ダイナミクスを可視化し、一体密度の時間発展を直感的に理解する動画の作成を行った。我々の計算コードは、空間的な対称性を一切仮定していないので、安定核から不安定核まで広く適用可能である。特に、中性子過剰核におけるバレンス中性子の動きを解析し、電気双極子(E1)巨大共鳴状態において、安定核よりも強い遮蔽効果があることを示唆した。

#### (2) 一般化二中心クラスター模型+吸収境界条件法による Be 同位体の励起構造の研究

(伊藤)

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 $\alpha$ コア核の周りで、過剰中性子が $\pi$ 軌道、 $\sigma$ 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 $^{10}\text{Be} = \alpha + ^6\text{He}$ 、 $^{12}\text{Be} = ^6\text{He} + ^6\text{He}$  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 中心クラスター模型」を $^{10}\text{Be}$ へ適用し、構造変化の分析を行った。この模型は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模型である。

本研究では、 $^{10}\text{Be}$ 、 $^{12}\text{Be}$ における、断熱的エネルギー曲線の計算を行ない、その曲線上で、分子軌道状態と二原子核の漸近チャンネル状態が滑らかにつながることを具体的に示した。また、 $^{10}\text{Be}$ については、系の外側に吸収型の虚数ポテンシャルを配置する『吸収境界条件法』を適用するこ

とにより、共鳴状態の持つエネルギー崩壊幅の計算を行った。その結果、連続エネルギー領域においては分子軌道構造と  $\alpha + {}^6\text{He}$  構造が混在して発現していることが確認され、後者の構造については、正パリティ状態には  $\alpha + {}^6\text{He} (2^+)$  状態が、また負パリティ状態には  $\alpha + {}^6\text{He}_{g.s.}$  が発達することを指摘した。

## 【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、過剰中性子の引力により、安定核に比べて断面積が増大することが理論的に予想され、特に、中性子ハロー核とよばれる少数の中性子が非常に弱く束縛した原子核において、多くの研究がなされてきた。実験的にも融合断面積の大幅な増大を示唆したものがあり、このような理解が一般的となっていた。このような効果は、入射核と標的核のクーロンバリア程度(あるいはそれ以下)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ているが、そのような低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量子力学的に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。1 中性子ハロー核である  ${}^{11}\text{Be}$  の融合反応、2 中性子ハロー核である  ${}^6\text{He}$  の反応を解析し、上記のような融合断面積の増大が無いことを示した。最近の実験結果は、融合断面積の増加は観測されておらず、我々の計算結果と定性的に一致している。この原因となるダイナミクスの動画による可視化も行い、弱く束縛された中性子は spectator (傍観者) 的な役割しか果たさないことで理解できることを示した。

### (2) ハロー核の 3 体模型による応答関数

(伊藤、矢花、中務)

最近、理化学研究所において、2 中性子ハロー核として有名な  ${}^{11}\text{Li}$  核のクーロン分解反応の精密な測定が行われ、分解した 2 中性子の相対運動量分布やエネルギー分布などが明らかになった。これらは、不安定核における対相関を直接的に研究する重要なデータを与えると考え、我々は、時間依存形式によってクーロン分解応答を研究した。 ${}^{11}\text{Li}$  核を 3 体模型で表現し、吸収ポテンシャルを利用して、電気双極子強度関数 ( $B(E1)$ )、分解 2 中性子のエネルギー分布、運動量分布などを計算した。2 中性子間の対相関の強さはパラメータとして変化させることで、分布の様相が大きく変化することを見た。実験データとの比較から、どのような相関が現実とよく対応するのか、などを現在解析している。

### (3) ${}^{10}\text{Be}$ の核力分解反応の研究

(伊藤)

比較的高い入射エネルギーで引き起こされる分解反応のうち、主に標的核からの核力場により入射核の分解過程が進行する『核力分解反応』は、入射核の連続状態が強く結合する非摂動的な反応過程であり、連続状態の核構造が反応過程と複雑に相関する興味深いプロセスである。これまで

の研究では、単純な2体構造を持つ系の核力分解に関するものが主であり、複数の過剰中性子が存在する系の核力分解反応については、殆ど研究がなされていなかった。

そこで我々は(2コア核)+(過剰核子)系に注目し、その核力分解反応の分析を行っている。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模型』を適用することにより $^{10}\text{Be}$ の遷移密度を導出し、それと標的核の密度を基に『離散化連続チャンネル結合法』の計算を行って、分解反応断面積の評価を進めた。その結果、 $^{10}\text{Be}$ が $\alpha + ^6\text{He}(2^+)$ の共鳴状態を経由して崩壊するプロセスに顕著な反応断面積の増大が確認された。この断面積の増大は、1段階で反応が終了する直接分解過程により励起されており、 $^{10}\text{Be}$ の基底状態に対応する $(\pi^-)^2$ と励起状態に対応する $(\sigma^+)^2$ の2つのエネルギー曲面の準位交差が原因となっている。これは、核力分解反応における非断熱遷移の効果が現れたものと解釈することが可能であり、今後の実験での観測が期待される。

#### (4) $\alpha + ^6\text{He}$ 低エネルギー非弾性散乱における Landau-Zener 遷移の研究

(伊藤)

また $^{10}\text{Be} \rightarrow \alpha + ^6\text{He}$ 分解反応の逆プロセスである、 $\alpha + ^6\text{He}$ 低エネルギー衝突についても分析を行い、主に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、チャンネル結合の効果が強くなるため、透熱エネルギー曲面の準位交差ははっきりとはおこらず、その結果、反応過程は主に断熱的に進行する。一方、負パリティ状態においては、断熱エネルギー曲面に顕著な擬交差が生じるため、衝突過程は透熱的に進行し、Landau-Zener 型の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)の新解法

(中務、日野原(京都大)、松尾(新潟大)、松柳(京都大))

我々は、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SCCの基礎方程式を解くことを可能にした「断熱SCC法(ASCC法)」を提案したが、得られた方程式に一種のゲージ不変性があることを最近明らかにした。平衡点近傍において方程式の解が決まらなくなるという問題が起こり、原理的な問題となっていたが、この不変性を利用することで、実はゲージ固定条件を課して解を決定できることを示した。この新しい解法では、平衡点に近づいたときにこれまで起きていた数値的な不安定性の問題も解決することを、簡単な模型において確かめた。今後の方法の適用において、重要な進展である。

#### (2) 奇時間反転平均場(time-odd mean field)の集団質量パラメータへの効果

(中務、日野原(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、質量パラメータは古典的な液滴模型では実験データの10分の1以下しか得られない

ことが知られている。我々は、厳密に解ける拡張された  $O(4)$  模型 (単極対 + 四重極対 + 四重極相互作用) を用いて、時間依存平均場理論に基づいた解析を行った。その結果、時間に依存する平均場の中には、時間反転に対して符号を変える平均場が存在しているが、この平均場が質量パラメータに大きな影響を与え、その増大に寄与することが明らかとなった。また、原子核理論においてよく知られている代表的な質量パラメータを計算し、クランキング質量がスペクトルを再現できないこと、一方で、乱雑位相近似 (RPA) や生成座標法 (GCM) の質量がスペクトルをよく再現することを示した。このことは、集団運動において動的な相関が重要な役割を果たしていることを示している。

### (3) 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

(篠原、太田 (住友化学)、矢花、中務)

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平均場理論が、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。しかし、原子核の励起状態に関しては、調和近似である乱雑位相近似 (RPA) を超える必要性が頻繁にあり、また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、基底状態の束縛エネルギーの精密な計算によって、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。我々は、生成座標の方法 (GCM) の弱点を克服する確率的な方法により、低エネルギースペクトルにおいて重要な有効相互作用の長距離相関を効果的に取り入れる計算手法を開発した。多数のスレーター行列式を確率的に生成・選択し、パリティや角運動量について射影法を用い、最後にその選ばれた空間の中で一般化固有値問題を解き、ハミルトニアンを対角化する。比較的簡単な相互作用であるいわゆる BKN 相互作用において、 $N=Z$  の軽い核を対象に計算を実行し、基底状態と励起状態を同時に、かつ系統的に記述できることを確かめた。相互作用を現実的なものにする拡張を現在試みている。

### (4) 原子核の回転運動

(橋本、堀端 (青森大ソフトウェア情報))

原子核は有限な大きさを持つ量子多体系であるために、平均場の変形に伴う回転運動を集団運動のモードとして持つことができる。原子核の変形主軸まわりの定常回転運動は、平均場理論の立場からクランキング模型によって定性的にも定量的にもうまく説明されてきた。同時に、理論的な立場からはより一般的な回転運動の存在が予言・期待されている。それらは、回転軸が平均場の変形主軸と一致しない回転運動である。本研究課題では、主軸まわりの定常回転運動の上に揺動が起こるウォブリングと主軸からはずれた軸のまわりの定常回転運動である tilted axis rotation (TAR) を対象にして、回転運動により状態を変えた核子がこれらの集団運動にどのように影響するかを調べることを目的とした。対象とする原子核はオスミウム  $^{182}\text{Os}$  である。まず、クランキングにより、 $0s$  原子核の主軸まわりの角運動量を調節して核子対が整列した状態を求めた。この状態 ( $s$  状態) は角運動量の大きさとともに励起状態から基底状態へと役割が変わる。同時に、当初の基底状態 ( $g$  状態) は励起状態へと変化する。つぎに、これらの  $g$ 、 $s$  両状態について回転軸を主軸から傾けていくときの応答を求めた。その結果、 $g$  状態はある傾斜角まで安定であること、そこを過ぎると急激に状態の構造が変化して新しい安定な状態が生まれること、その状態の構造は主軸回転のときの  $s$  状態に良く似ていることがわかった。そこで、傾斜角を生

成座標とする生成座標法 (GCM) によって量子力学的な状態を求めたところ、g 状態のまわりの揺動に相当する状態と、新しい安定点のまわりの揺動を表す状態などが得られた。これらがそれぞれウォブリングと T A R として実現していることを確認する計画を進めつつある。

#### 【4】強レーザー場と物質の相互作用に対する第一原理計算

##### (1) 強レーザー場と固体の相互作用

(矢花、中務、乙部 (原研)、岩田 (筑波大)、G.F. Bertsch (ワシントン大))

固体と超短パルス・高強度レーザー場との相互作用を第一原理的に記述する試みを行った。レーザー場のもとで電子の運動を記述する基礎方程式として、外場であるレーザー電場とレーザー電場により誘起された偏極場をともに空間的に一様なベクトルポテンシャルとして含む時間依存 Kohn-Sham 方程式を用いる。この枠組みは、以前誘電関数に対する実時間・実空間計算を行うために開発したものである。現実系の計算を、Si とダイヤモンドに対して行い、予備的ではあるが有望な結果が得られた。今後、弱いパルス場の場合にイオンに対して働く力を調べコヒーレントフォノン生成のメカニズムの解明を試みること、また強い場の場合に電子励起が十分な密度になると起こることが予想される絶縁破壊のメカニズムの解明などが目標となる。

##### (2) 強レーザー場中にある分子のイオン化過程

(矢花、乙部 (原研))

強い静電場のもとでの分子のトンネルイオン化過程に対する分析を進めた。我々は以前、Kohn-Sham 方程式に吸収境界条件を課してガモフ状態を求め、固有値の虚部からイオン化率を求める方法を開発した。これまで局所密度近似の範囲で、サイズの大きな分子のイオン化率の特徴を明らかにしてきた。今年度は最適化有効ポテンシャルを用いてより定量性の高い分析を行った。分子サイズが大きくなったときのイオン化メカニズムの特徴として、以下の点が挙げられる。まず、分子軌道の性質がイオン化率に大きく影響する。小さい分子の場合に、 $O_2$  分子の場合に同程度のイオン化ポテンシャルを持つ他の原子分子に比べて極端にイオン化率が小さいことが知られており、我々は  $O_2$  分子の HOMO 軌道が  $\pi^*$  軌道であることに起因すると結論付けた。有機分子では多くの場合 HOMO は  $\pi$  軌道であるため、同様のイオン化抑制が働くと考えられる。また、サイズの増大に伴い状態密度が増加し、HOMO 軌道に限らず多くの軌道からのイオン化が重要になることが見られる。さらに、サイズの増大とともにスクリーニング効果によるイオン化の抑制が重要となることが示された。

##### (3) Vlasov 方程式のテスト粒子解法を用いた強レーザー場中のイオン化過程の分析

(矢花、濱田 (甲南大))

多電子ダイナミクスを記述する方法として、時間依存 Kohn-Sham 方程式に半古典近似を加えたブラソフ方程式による記述がある。ブラソフ方程式はテスト粒子法を用いた解法が知られているが、従来ジェリウム模型を用いた金属クラスターでの多電子ダイナミクスなど、ポテンシャルの空間変化が緩やかな物質のみに対して行われていた。我々はテスト粒子の初期配置を丁寧に扱うことによって、原子やイオン構造をあらわに取り入れたクラスターのレーザーによるイオン化も取り扱いが可能になる方法を発展させた。

希ガス原子のイオン化に対して、時間依存 Kohn-Sham 方程式を量子論的に解いた場合と、プラソフ方程式にテスト粒子法を用いて解いた場合を比較し、量子的な殻構造がどの程度イオン化率に反映するのかを調べた。また、レーザーと物質の相互作用におけるバルク効果と表面効果を明らかにするために、希ガスクラスターに対するテスト粒子計算を始めた。

(4) 非線形光応答を用いた環状分子・クラスターに流れる定常電流  
(信定(分子研)、矢花)

ナノサイズの物質で回路を作成する場合に、光による非線形効果として電流を発生させる試みが検討されている。我々は、強い円偏光のパルス光を円環状の分子やクラスターに照射することによってその円環内に電流が流れることを、時間依存 Kohn-Sham 方程式を実時間で解くことによってしめした。計算上は、円環状の分子に現れる縮退した電子励起状態のうち片方が有限の確率で励起されることを電流とみなしている。今後、そのような電流を実験的に検証する手段の検討、その電流の継続時間の検討などが課題となる。

【5】多電子ダイナミクス計算の計算コード開発と新しい応用

(1) 超並列計算コードの開発  
(中務、矢花)

平成17年度からスタートした計算科学研究センターの PACS-CS 計画において大規模多電子ダイナミクス計算を行う準備として、時間依存 Kohn-Sham 方程式を実時間・実空間で解く計算コードを、空間分割を用いた並列化を行った。MPI コードを作成し、並列化効率を詳細に検討した。効率的な並列化のためには、運動エネルギーを高次差分で取り扱うことと擬ポテンシャルの非局所部分からくる通信コストをいかに抑制するかが課題となる。検討の結果、軌道の本数が少なく広い空間領域を要する計算に対しては、通信量は小さく効率的な並列化が可能であることを示した。そして大規模な系で軌道本数が多い場合には通信部分の計算コードの改良により、通信時間が計算時間とほぼ同程度となるまで通信コストの削減に成功した。今後さらに通信コストの軽減に向けた改良が必要である。

(2) 電子励起状態でイオンに働くファインマン=ヘルマン力の実空間計算  
(川下、矢花、中務、橋本、伊藤)

電子ダイナミクスとともにイオンダイナミクスを同時に取り扱う枠組みとして、電子励起ポテンシャル面を線形応答による時間依存密度汎関数法で記述し、その面で働くファインマン=ヘルマン力を計算する方法がある。この枠組みに基づいて力の計算を行う計算コードを開発した。線形応答計算により電子励起状態を求めた場合、ファインマン=ヘルマンの定理が成り立たないために注意が必要である。我々は、量子化学計算でしばしば用いられる Z-vector 法を実空間計算に用いて、イオンに働く力を効率的に計算する方法の開発にほぼ成功した。現在、既存の結果と比較し、方法の精度と有効性の確認を行っている。

<発表論文>

1. T. Nakatsukasa and K. Yabana  
Unrestricted TDHF studies of nuclear response in the continuum  
Eur. Phys. J. A **25** (2005) 527 .
2. H. Ohta, K. Yabana, and T. Nakatsukasa  
Light exotic nuclei studied with the parity-projected Hartree-Fock method  
Eur. Phys. J. A **25** (2005) 549.
3. 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  $^{68}\text{Se}$   
Eur. Phys. J. A **25** (2005) 547.
4. K. Yabana, T. Nakatsukasa, J.-I. Iwata, and G. F. Bertsch  
Real-time, real-space implementation of the linear response time-dependent density-functional theory  
Physica Status Solidi (b) **243** (2006) 1121.
5. 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  
Aspects of the coriolis interaction in  $^{235}\text{U}$   
AIP Conf. Proc. **764** (2005) 263.
6. S. Shinohara, H. Ohta, T. Nakatsukasa, K. Yabana,  
Nuclear excitations described by the randomly selected multiple Slater determinants,  
J. Phys. Conf. Ser. **20** (2005) 193.
7. H. Ohta, T. Nakatsukasa, K. Yabana  
Parity projected Skyrme Hartree-Fock and angular momentum projection approach to Mg isotopes  
J. Phys. G. **20** (2005) 211.
8. N. Hinohara, T. Nakatsukasa, M. Matsuo, and K. Matsuyanagi  
Effects of time-odd components in mean field on large amplitude collective dynamics  
Prog. Theor. Phys. **115** (2006) 567.
9. M. Ito, K. Yabana, T. Nakatsukasa, and M. Ueda  
Suppressed Fusion Cross Section for Neutron Halo Nuclei  
To be published in Phys. Lett. B.
10. T. Nakatsukasa and K. Yabana  
Time-dependent density functional theories for finite many-fermion systems  
To be published in Proceedings of the XXIX International Workshop on Condensed Matter Theories (Nova Science Publishers, New York).
11. T. Nakatsukasa, K. Yabana, M. Ito, and M. Ueda  
To be published in the proceedings of the international conference

- on "Reaction Mechanisms and Nuclear Structure at the Coulomb Barrier (FUSION06)", AIP Conference Proceedings (AIP Press).
12. T. Nakatsukasa  
TDDFT, TDHF, and zero-mode problems  
素粒子論研究 Vol.112 No. 2 (2005) B50.
  13. S. Shinohara, H. Ohta, K. Yabana, and T. Nakatsukasa  
Nuclear excitations described by randomly-selected multiple Slater determinants  
素粒子論研究 Vol.112 No. 2 (2005) B70.
  14. H. Ohta, T. Nakatsukasa, and K. Yabana  
Skyrme GCM calculation with parity and angular momentum projection for Mg isotopes  
素粒子論研究 Vol.112 No. 2 (2005) B92.
  15. Y. Hashimoto and T. Horibata,  
Tilted Axis Rotation in Hartree-Fock Framework,  
INFORMATION, Vol.8, No.3 (2005), 347-357.
  16. T. Inakura, H. Imagawa, Y. Hashimoto, S. Mizutori, M. Yamagami, K. Matsuyanagi,  
Mixed representation RPA calculation for octupole excitations  
on superdeformed states in the  $^{40}\text{Ca}$  and neutron-rich sulfur regions,  
Nucl. Phys. A768(2006), 61-79.
  17. Y. Hashimoto and T. Horibata,  
Hartree-Fock calculation of three-dimensional nuclear rotation,  
RIKEN Accelerator Progress Report, Vol.38, p30 (2005)
  18. M. Ito  
「Non-adiabatic dynamics in  $^{10}\text{Be}$  with the microscopic  $\alpha + \alpha + \text{N} + \text{N}$  model」  
Physics Letters B636 (2006), pp.293-298.
  19. N. Itagaki, H. Masui, M. Ito, S. Aoyama, K. Ikeda  
Simplified method to include the tensor contribution in  $\alpha$ -cluster model」  
Physical Review C73 (2006), 034310.
  20. M. Ito  
「Unified studies of the structure changes and the nuclear reactions in  $^{10}\text{Be}$ 」  
AIP Conference Proceeding (2006) 印刷中  
“ Proceeding of the International Conference on Reaction Mechanisms and Nuclear Structure at the  
Coulomb Barrier (Fusion06)" March 19 - 23, 2006, San Servolo, Venezia (Italy)
  21. K. Yabana, M. Ito, T. Nakatsukasa, M. Ueda  
「Fusion reaction of halo nuclei : A real-time wave-packet method for three-body tunneling dynamics」  
AIP Conference Proceeding (2006) 印刷中  
“ Proceeding of the International Conference on Reaction Mechanisms and Nuclear Structure at the  
Coulomb Barrier (Fusion06)" March 19 - 23, 2006, San Servolo, Venezia (Italy)
  22. M. Ito



- 「Coexistence of the molecular and atomic orbitals in  $^{10}\text{Be}$ 」  
 Journal of Physics : Conference Series (2006) 印刷中.  
 “Proceeding of the International Symposium on Structure of Exotic Nuclei and Nuclear Forces”  
 (Senuf06)” March 9–12, Koshiba-Hall, Hongo, Tokyo University (Japan).
23. M. Ito, K. Yabana, K. Kato, K. Ikeda  
 「Low energy collisions of  $\alpha + ^6\text{He}$  and the continuum structures in  $^{10}\text{Be}$ 」  
 Journal of Physics : Conference Series Vol. 20 pp.185-186 (2005).  
 “Proceeding of the International Symposium on Correlation Dynamics in Nuclei (CDN05)” January31  
 –February4, Sanjyo-kaikan, Hongo, Tokyo University (Japan).
24. M. Ito, K. Yabana, K. Kato, K. Ikeda  
 「Description of the single-particle motions around two inert-cores based on the microscopic cluster  
 model」  
 YITP Report, Soryushron-kennkyuu 112 (2005) B1  
 "Proceeding of the International workshop on New developments in Nuclear Self-Consistent  
 Mean-Field Theories (MF05)", May 31-June1, 2005, YITP, Kyoto (Japan).
25. M. Ito, K. Yabana  
 「Absorbing kernels to study resonances based on the generator coordinate method in the microscopic  
 cluster model」  
 YITP Report, Soryushron-kennkyuu 112 (2005) B1  
 "Proceeding of the International workshop on New developments in Nuclear Self-Consistent  
 Mean-Field Theories (MF05)", May 31-June1, 2005, YITP, Kyoto (Japan).
26. M. Ito, K. Yabana, K. Kato, K. Ikeda  
 「Molecular structures of excited  $^{10}\text{Be}$  and nucleon transfer in  $\alpha + ^6\text{He}$  scattering」  
 RIKEN Accelerator Progress Report, Vol.38, p15 (2005)
27. M. Ito, M. Kobayashi, K. Yabana, T. Nakatsukasa, M. Ueda  
 「Fusion reaction of halo nuclei」  
 RIKEN Accelerator Progress Report, Vol.38 p16 (2005)
28. M. Ito, K. Yabana  
 Absorbing kernels to study resonances in the generator coordinate method  
 Prog. Theor. Phys. 113 (2005) 1047

#### <国際会議発表>

1. K. Yabana  
 Electron dynamics under intense laser field in molecules and solids  
 International workshop on electronic excitations, CRIS, Hokkaido Univ. (Sapporo), Nov. 21-22, 2005.
2. K. Yabana  
 Real-time calculations for dipole response in neutron-rich unstable nuclei

- RIKEN Symposium 2006 “Methods of many-body systems: mean field theories and beyond”, RIKEN, 20-22, March, 2006.
3. K. Yabana  
Visualizing reaction mechanism with time-dependent method  
International Workshop “Nuclear Physics with RIBF”, RIKEN, 13-17, March, 2006.
  4. K. Yabana  
Real-time, real-space implementation of the time-dependent density-functional theory  
CECAM workshop on state of the art developments and perspectives of real-space electronic structure techniques in condensed matter and molecular physics, Lyon, France, June 20-24, 2005.
  5. K. Yabana  
Fusion mechanism of weakly-bound nuclei  
Invited talk at Second Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of APS and JPS Hawaii 2005 (HAW05), Kapalua, HI, USA, September 18 - 22, 2005.
  6. K. Yabana  
Visualizing reaction mechanism: a time-dependent Schrödinger equation approach  
International Workshop on Nuclear Structure Near the Limits of Stabilities, Seattle, USA, September 26-December 2, 2005.
  7. K. Yabana, S. Shinohara, H. Ohta and T. Nakatsukasa  
A new stochastic method superposing multiple Slater determinants  
Second Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of APS and JPS, Ritz Carlton Hotel 2005/9/18-22
  8. T. Nakatsukasa  
TDHF Studies of Linear Response in the Continuum  
Talk at RIBF international workshop “Collective motions in unstable nuclei; experiments vs. theories”, RIKEN, Wako, Japan, May 24-26, 2005.
  9. T. Nakatsukasa  
TDDFT, TDHF, and Zero-Mode Problems  
International Workshop on New Developments in Nuclear Self-Consistent Mean-Field Theories, YITP, Kyoto, Japan, May 30-June 1, 2005.
  10. T. Nakatsukasa  
Time-dependent density functional theories for finite many-fermion systems  
Invited talk at XXIX International Workshop on Condensed Matter Theories, Kizu, Kyoto, Japan, September 13 - 17, 2005.
  11. T. Nakatsukasa  
Giant resonances in neutron-rich nuclei studied with TDHF simulation in the continuum  
Invited talk at Second Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of APS and JPS Hawaii 2005 (HAW05), Kapalua, HI, USA, September 18 - 22, 2005.
  12. T. Nakatsukasa, H. Ohta, and K. Yabana

- Projected Skyrme Hartree-Fock approach to structure of Mg isotopes  
 Second Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of APS and JPS Hawaii 2005 (HAW05),  
 Kapalua, HW, USA, September 18-22, 2005.
13. T. Nakatsukasa  
 Time-dependent approach to nuclear response in the continuum  
 International Workshop on Nuclear Structure Near the Limits of Stabilities, Seattle, USA, September  
 26-December 2, 2005.
  14. T. Nakatsukasa  
 Dynamical effects in E1 response of neutron-rich nuclei  
 RIBF International Workshop on Correlation and Condensation: New Features in Loosely Bound and  
 Unbound Nuclear States, RIKEN, Wako, Japan, December 8-10, 2005.
  15. T. Nakatsukasa  
 High-Spin Superdeformed States in Stable Nuclei  
 Invited talk at International Workshop on Nuclear Physics with RIBF, Wako, Saitama, Japan, March,  
 13 - 17, 2006.
  16. T. Nakatsukasa, K. Yabana, M. Ito, and M. Ueda  
 Fusion reaction of halo nuclei: a real-time wave-packet method for three-body tunneling dynamics  
 International conference on Reaction Mechanisms and Nuclear Structure at the Coulomb Barrier  
 (FUSION06), S. Servolo, Venezia, Italy, March 19-23, 2006.
  17. M. Maruyama, T. Kohmura, Y. Hashimoto,  
 Nuclear Collective Tunneling Transitions between Hartree States Deformed in Quadrupole Symmetry,  
 XXIX INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONDENSED MATTER THEORIES,  
 International Institute for Advanced Studies, Kizu, Kyoto, Japan (Tuesday 13 - Saturday 17 September  
 2005)
  18. Y. Hashimoto and T. Horibata,  
 Stability of g- and s-bands in 182Os in three-dimensional cranked HFB,  
 RIKEN Symposium on "Methods of many-body systems: mean-field theories and beyond"  
 March 20 - 22, 2006
  19. M. Ito  
 「Unified studies of the structure changes and the nuclear reactions in  $^{10}\text{Be}$ 」  
 “International Conference on Reaction Mechanisms and Nuclear Structure at  
 the Coulomb Barrier (Fusion06)” March 19 - 23, 2006, San Servolo, Venezia (Italy).
  20. M. Ito  
 「Coexistence of the molecular and atomic orbitals in  $^{10}\text{Be}$ 」  
 “International Symposium on Structure of Exotic Nuclei and Nuclear Forces (Senuf06)”  
 March 9 - 12, 2006, Koshiba-Hall, Hongo, Tokyo University (Japan).
  21. M. Ito, K. Yabana, K. Kato, K. Ikeda  
 「Unified description of the molecular structures and the breakup reactions in  $^{10}\text{Be}$ 」

YITP international workshop on Binding Mechanism and New Dynamics in Weakly Bound Systems" Dec. 12 - 15, 2005, YITP, Kyoto (Japan).

22. M. Ito, K. Yabana, T. Nakatsukasa  
「Visualization of the three-body dynamics in  $^{11}\text{Li}$ 」  
“RIKEN-CNS RIBF International Workshop "Correlation and Condensation: New Features in Loosely Bound and Unbound Nuclear States", Dec. 8 - 10, 2005, RIKEN, Wako (Japan).
23. M. Ito, K. Yabana, K. Kato, K. Ikeda  
「Description of the single-particle motions around two inert-cores based on the microscopic cluster model」  
“The International workshop on New developments in Nuclear Self-Consistent Mean-Field Theories (MF05)”, May 31 - June 1, 2005, YITP, Kyoto (Japan).
24. M. Ito, K. Yabana, K. Kato, K. Ikeda  
「Description of the structural changes and the nuclear reactions in light neutron-rich nuclei」  
“RIKEN RIBF International workshop on Collective Motions in Unstable Nuclei (Experiments vs Theories)”, May 24 - 26, 2005, RIKEN, Wako (Japan).
25. S. Shinohara, H. Ohta, T. Nakatsukasa and K. Yabana  
Description of Nuclear Excitations by Random Superposition of Slater Multiple Determinants  
YITP Workshop on New Developments in Nuclear Self-Consistent Mean-Field Theories, YITP 2005/5/30-6/1
26. S. Shinohara, H. Ohta, K. Yabana and T. Nakatsukasa  
YITP Workshop on Binding Mechanism and New Dynamics in Weakly Bound Systems  
Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto, Japan  
December 12 - 14, 2005
27. S. Shinohara, H. Ohta, K. Yabana and T. Nakatsukasa  
Stochastic approach to nuclear excitations beyond the mean field  
RIKEN Symposium on "Methods of many-body systems: mean-field theories and beyond"  
March 20 - 22, 2006

#### <国内研究会・学会等>

1. 矢花一浩  
多電子ダイナミクスの実時間・実空間計算:フェムト秒・強レーザー場と配向分子の相互作用  
NAREGI ナノ複合系設計グループ検討会、産総研、2005年5月26日
2. 矢花一浩  
時間依存密度汎関数法による光応答計算

平成 17 年度東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「次世代ナノ・エレクトロニクスのための光・スピン・電荷制御の理論」、東北大通研、2005 年 10 月 26-27 日

3. 矢花一浩

光応答の実時間・実空間第一原理計算

物性研短期研究会「次世代ナノ・エレクトロニクスのための電子状態計算の基礎理論」、東大物性研  
2005 年 12 月 26-27 日

4. 矢花一浩

Di-neutron 相関を考慮した反応断面積の計算に向けて

反応断面積実験に向けた小規模ワークショップ、理研、2006 年 1 月 13 日

5. 矢花一浩

光応答計算による分子の配向・立体構造効果の分析

科研費基盤(C)企画調査「粒子相関と配向・偏極で探る有限量子系のダイナミクス」第3回研究会、  
KKR ホテル熱海、2006 年 1 月 23-24 日

6. 矢花一浩

時間依存密度汎関数法による光応答の第一原理計算

NAREGI ナノ複合系設計グループ会合、産総研、2006 年 2 月 13-14 日

7. 信定克幸(分子研)、矢花一浩

円偏光レーザーパルスにより誘起されたリング状分子における永久電流の理論計算

日本物理学会第61回年次大会、愛媛大学・松山大学、2006 年 3 月 27-30 日

8. 篠原聡始、太田寛史(住友化学)、矢花一浩、中務 孝

乱雑な多 Slater 行列式の重ね合わせによる軽い核のクラスター構造

日本物理学会第61回年次大会、愛媛大学・松山大学、2006 年 3 月 27-30 日

9. 岩田潤一(筑波大)、乙部智仁(原研)、矢花一浩

時間依存密度汎関数法に基づくバルク Si とパルスレーザーの相互作用の記述

日本物理学会第61回年次大会、愛媛大学・松山大学、2006 年 3 月 27-30 日

10. 川下洋輔、中務孝、矢花一浩、橋本幸男、伊藤誠

電子励起状態における Feynman-Hellman 力の実空間計算

日本物理学会第61回年次大会、愛媛大学・松山大学、2006 年 3 月 27-30 日

11. 中務 孝

時間依存密度汎関数法と原子核応答関数

滞在型研究会「テンソル力と多核子相関」、基礎物理学研究所、京都大学、2005 年 9 月 1-6 日

12. 中務 孝

有限多体系の量子ダイナミクス

研究会「マイクロからマクロへ、マクロからマイクロへ」、基礎物理学研究所、京都大学、  
2005 年 11 月 16-18 日

13. 日野原伸生(京大)、中務 孝、松尾正之(新潟大)、松柳研一(京大)

$^{68}\text{Se}$  領域の原子核の変形共存解明に向けて

日本物理学会第61回年次大会、愛媛大学・松山大学、2006 年 3 月 27-30 日

14. 伊藤 誠、矢花 一浩、中務 孝  
時間依存波束理論による  $^{11}\text{Li}$  のクーロン分解反応の分析  
日本物理学会第61回年次大会、愛媛大学・松山大学、2006年3月27-30日
15. 伊藤 誠、矢花一浩、中務 孝  
時間依存シュレディンガー方程式を用いた  $^{11}\text{Li}$  の双極子場線形応答の分析  
日本物理学会 2006 年年次大会、愛媛大学（松山市）、2005年3月26-29日
16. 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  
理研小規模ワークショップ 不安定核における対相関  
(理化学研究所、2005年9月12-13日)
17. 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軽い核のクラスター構造  
日本物理学会 2006 年春季大会（愛媛大学、2006年3月27-30日）

#### <非常勤講師・セミナー等>

1. 矢花一浩  
千葉大学集中講義、千葉大学理学部(千葉市)、2005年12月15-16日
2. 矢花一浩  
上智大学集中講義、上智大学理工学部(東京)、2005年9月7-9日
3. 矢花一浩  
多電子ダイナミクスの実時間・実空間計算  
物性研理論セミナー、東京大学物性研究所(柏市)、2005年7月1日
4. 矢花一浩  
時間依存平均場理論:強レーザー場科学との接点  
RCNP セミナー、大阪大学、2006年3月10日
5. K. Yabana  
Novel computational approaches for nuclear reactions  
4<sup>th</sup> CNS International Summer School, CNS, Univ. Tokyo, Aug.18-23, 2005.
6. 中務孝  
原子核における核子多体問題と密度汎関数法  
北海道原子核理論地域スクール、札幌学院大学、江別市、2006年2月10-12日.
7. M. Ito, Y. Yabana, K. Kato, K. Ikeda  
「Non-adiabatic dynamics in  $^{10}\text{Be}$  with the microscopic  $\alpha + \alpha + \text{N} + \text{N}$  model」  
Nuclear theory seminar March 15, 2006, Hahn-Meitner-Institute, Berlin (German).

8. M. Ito, K. Yabana, T. Nakatsukasa

「Visualization of the three-body reaction dynamics」

Nuclear theory seminar March 17, 2006, Universite Libre de Bruxells (ULB), Bruxells (Belgium).