

## V . 原子核理論グループ

教授 矢花一浩

講師 橋本幸男

準研究員 船木靖郎

計算機研究員 稲倉恒夫

大学院生 9 名

### [1] 原子核集団運動の理論、不安定核の構造

#### ( 1 ) BCS 形式による時間依存密度汎関数理論の拡張

( 江幡、中務(理研)、稲倉、橋本、矢花 )

原子核を系統的に計算する為には、対相関と変形の効果を取り入れる事が重要である。我々は超伝導の理論としてよく知られた BCS(Bardeen-Cooper-Schrieffer)理論を時間依存の方法へ拡張し、三次元座標空間のメッシュ表示を用いた実時間発展のプログラム開発を行なった。重い原子核に重要な核子超流動性を取り入れた記述を可能にし、線形応答の実時間計算や重イオン反応計算などに利用する事を目的とする。昨年度は現実的な Skyrme 有効相互作用によるテスト計算を実行したが、今年度はより重い核種の計算を可能とするための準備と、プログラムの完成を確認する為の比較を行った。重い領域への準備としては広範な原子核の超流動性を表す対相関エネルギー汎関数の導入を行った。対相関エネルギー汎関数の導入は成功したが、重い領域を対象とする為には、より精度の良い基底状態を用意する必要がある事が分かった。プログラム完成については変形核のアイソスカラー型四重極の強度分布関数を材料に、対相関について BCS 理論よりも厳密な HFB(Hartree-Fock-Bogoliubov)理論に基づく計算と比較した。その結果、HFB 理論に基づく計算とかなり近い計算結果を出している事が分かった。また、励起モードに依存して自己無撞着性の重要性が異なる事が分かった。現在は系統的計算への準備と重イオン反応計算の準備を行なっている。

#### ( 2 ) 時間依存密度汎関数理論による原子核の応答関数の系統的計算

( 稲倉、中務(理研)、矢花 )

安定核、不安定核を分け隔てる事なく広範囲に亘って原子核の光核反応の断面積を求める系統的計算を進めた。光核反応は、微視的には最も単純な集団励起モードで表現されるので、これモードから多くの原子核の性質が引き出せる。しかしながら、実験で観測されているのは安定核の一部だけであるので、これを計算する事で原子核の性質の理解が深められると共に、今後の実験の指針を与える事にもなる。更に、この光核反応は元素組成が起きていると考えられている超新星爆発の r 課程にも深く関係している。一部の原子核の低励起エネルギー領域に現れるピグミー共鳴状態の有無が、元素組成の成分率に大きな影響を与えるのだが、そのピグミー共鳴状態の発現条件は不明のままである。光核反応の系統的計算を行う事で、ピグミー共鳴状態が発現する機構の解明に一筋の光を与えた。中性子過剰核ではフェルミレベルが浅くなり、緩く束縛された一粒子軌道が現れてくる。特に軌道角運動量が小さな軌道では空間的に広がった波動関数を持つ。この軌道がピグミー共鳴状態の発現に重要な役割を担っている事を示した。

#### ( 3 ) 原子核の三次元的回転運動の理論

( 橋本、堀端(青森大) )

有限量子系である原子核は様々な集団運動のモードを持っている。回転運動は、その中でも最も顕著な集団運動の例である。原子核平均場は密度分布と緊密に関係している (nuclear self-consistency) ので、原子核平均場の回転運動は内部核子によるコヒーレントな運動の現れである。原子核の回転運動の研究は主に軸対称変形をした核の主軸まわりの定常回転を対象に行われてきた。クラッキング模型に基づくこの考え方は、原子核の回転スペクトルの構造とその背景にある力学について説明する上で、定性的にも定量的にも成功してきた。一方、理論的な立場からは、主軸のまわりの回転運動だけではなく、より一般的な回転運動の存在が期待されている。原子核が軸対称から離れ、三軸非対称変形をすると、“主軸まわりの定常的な回転”という基礎の上に一種のフォノンが生じたような運動モードが起こることが Bohr と Mottelson の教科書でも指摘されている。ウォブリング(wobbling)と呼ばれるこの揺動運動は回転軸が平均場の主軸から離れて才差運動のように動き出すことを意味している。本研究では、ウォブリング運動のような三次元的な回転運動が原子核において生じる力学的機構を微視的に理解することを目的としている。

今年度はオスmium 182Os の傾斜角回転 (tilted axis rotation; TAR) モードを含む励起状態について生成座標法 (GCM) を用いて調べた。平均場近似では、オスmiumはprolate変形(レモン型)をしているので、主たる回転軸が乗っている“赤道”から見て“北緯”方向と“南緯”方向に対称にクラックハートレーフォックボゴリユボフ(CHFB)解が存在する。量子力学的には、これらの対称な平均場解の間にトンネル効果で結合が生じ、北緯領域の解と南緯領域の解で縮退していたものが分離する可能性が考えられている。実験結果では、P.M.Walkerらの実験で得られたK量子数が8のバンドにおいて、基底状態のバンドとのバンド交差後の“シグネイチャ・スプリッティング”と呼ばれる現象がこのトンネリングのアイデアで説明できると期待している。GCMを用いた計算によって角運動量が $J = 2, 2$ から $2, 8$ の領域でエネルギー・スプリッティングが $150 \text{ keV}$ から $250 \text{ keV}$ という値が得られた。GCM計算の精度を上げて、波動関数の構造と一粒子運動の構造変化の関係を詰める必要がある。

#### (4) Gogny 力を用いた時間依存 HFB コードの開発

(橋本、笹倉)

我々は、Gogny 力を用いた時間依存 HFB (TDHFB) 方程式を数値的に解く方法を開発・展開している。微小振幅の撃力を与えた波動関数を初期条件にした場合にはこの方法は準粒子 RPA になる。今回は、振幅が微小に限らない変形を原子核に与えたときの原子核の応答を計算した。この計算では、RPA の線形近似では取り込めない大振幅の非線形効果を扱うことになる。注目点は、大振幅振動運動になっていく際の周期と振動中心の変化、および振幅の時間変化の様子である。RPA のような線形領域の状況ではないので、“何を見ていくか”も含めて考えていく必要がある。状況が比較的わかりやすいのがチタン (Ti) 52 である。ここでは、球形にひとつ、prolate 変形側にひとつというように、大きく 2 種類の振動中心があり、拘束条件付き HFB によって大きな変形を与えられたチタン 52 の核は巨大共鳴領域のエネルギーに相当する高い振動数の振動運動をしつつ、その振動中心はゆっくりと緩和して最終的に 2 種類の振動中心のいずれかに落ち着いていく。我々は波動関数の主要成分を分析して、振動運動の低エネルギー成分が、 $p_{3/2}$  軌道内での対相関力による占有数の変動によることを示した。この例では、粒子状態の占有のされ方は断熱的であるように見える。また、初期条件での対相関の有無によって緩和していく先がいずれの振動中心になるかが決まる。緩和先の振動中心と局所平衡点との関係、また、最終的な振動振幅の決まる理由を今後理解していく。

## [2] クラスタ構造

### (1) ガスのクラスタ構造状態、 $\alpha$ 粒子凝縮

(船木、山田(関東学院大)、堀内(RCNP)、東崎(RCNP)、G. Röpke(Rostock 大)、P. Schuck(IPN, Orsay)、W. von Oertzen(HMI, Berlin))

原子核の基底状態は通常殻模型的構造を持つことが知られており、密度の飽和性に基づいて液体的構造を有している。これに対し、励起状態に 粒子からなる気体的クラスタ構造状態が生じ、更にそれらが最低エネルギー軌道を占有する、凝縮現象が起こることが最近になって知られるようになった。これは今まで議論されたことのない全く新しい構造であり、現在まで、Hoyle 状態と呼ばれる  $^{12}\text{C}$  原子核の第二  $0^+$  状態でそのような量子状態が実現されていることが明らかになっている。このような状態を最適に記述するための微視的模型波動関数が知られているが、本研究ではその模型波動関数の有用性をいくつかの核で詳細に調べた。その結果、 $^8\text{Be}$ 、 $^{12}\text{C}$  を含め、 $^{16}\text{O}$  原子核の励起状態で 凝縮描象が非常によく成り立っていることを、核子間の自由度に基づいて多角的側面から示した。この結果は既に論文に発表されている。更に  $^{16}\text{O}$  原子核においては我々が開発した共鳴状態の取り扱う処方箋を用いて、4 つの 粒子からなる 4 凝縮状態の存在を核子の自由度に基づいた微視的側面から示した。4 凝縮状態の波動関数の性質を一体密度行列等を用いて詳細に調べ、

凝縮度等を定量的に評価した結果、直交条件模型を用いて昨年度我々が行った理論計算とほぼ一致する結果を得た。これにより、 $^{16}\text{O}$  原子核において 4 凝縮状態が存在することが理論的にほぼ確定したと考えている。この結果は論文に纏め現在 Phys. Rev. C に投稿中である。この状態は観測されている 6 番目  $0^+$  状態に対応すると考えられるが、現在 4 凝縮状態の探索実験が各所で進行中であり、今後実験データとの詳細な比較検討を行っていきたい。

### (2) 内部座標による密度行列

(船木、山田(関東学院大)、堀内(RCNP)、東崎(RCNP)、G. Röpke(Rostock 大)、P. Schuck(IPN, Orsay))  
有限原子核での  $\alpha$  粒子のボーズ凝縮の度合を調べる有力な方法は、重心座標を除いた内部座標を使って得られた波動関数の密度行列を計算し、その固有値の分布を調べることである。この内部座標としては Jacobi 座標系を採用して来たが、これ以外の座標系を採用すると固有値分布が Jacobi 座標系(とその関連座標系)を用いた結果と著しく異なる場合があることを見出した。その原因の解明に成功し、さらに Jacobi 座標系(とその関連座標系)を用いることの重要性を明らかにした。この結果は既に論文に発表されている。

### (3) $^{11}\text{B}$ における Hoyle アナログ状態

(山田(関東学院大)、船木)

$^{11}\text{B}$  原子核の 3 番目(3/2)<sup>-</sup> 状態は、基底状態からの強いモノポール遷移が観測されている。比較的低い励起状態への強いモノポール遷移は、その励起状態がクラスタ構造を有することの強い証拠であることを我々は昨年度示しており、この状態は発達したクラスタ構造を持つことが示唆される。更に反対称化分子動力学(AMD)に基づく計算により、この状態は  $+\alpha + t$  の三体クラスタ構造を有し、3 クラスタ凝縮状態である、Hoyle 状態( $^{12}\text{C}$  原子核の第二  $0^+$  状態)の類似状態であるとの指摘がなされた。我々は  $+\alpha + t$  三体直交条件模型に基づき、 $^{11}\text{B}$  原子核の Hoyle アナログ状態を調べた。その結果、この 3 番目(3/2)<sup>-</sup> 状態は発達した  $+\alpha + t$  クラスタ構造を持つが、Hoyle 状態のような 粒子一体場への強い凝縮構造は有しておらず、むしろ  $+\alpha + t$  閾値近傍の 2 番目(1/2)<sup>-</sup> 状態

が、 $+ +t$ の3つのクラスターがゆるくS波で結合したHoyleアナログ状態であることを示した。この結果は現在論文に纏め投稿準備中である。

### 【3】時間依存密度汎関数理論による物質の光応答

#### (1) 分子の振動子強度分布の系統的計算

(川下、矢花、岩田、中務(理研))

時間依存密度汎関数理論に基づく振動子強度計算を、多種の分子(2原子分子の例として、 $N_2$ ,  $O_2$ , 3原子分子として $H_2O$ ,  $CO_2$ 、有機分子の例として $C_2H_2$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_{10}H_8$ 、サイズの大きい分子としてフラレン)に対して系統的に計算し、本手法が極めて高い精度で振動子強度分布を記述することを示した。計算では実時間法を用い、吸収境界条件を課すことにより、広範な振動数領域の振動子強度分布を高い精度で求めている。さらに、振動子強度の寄与がどの軌道によるものかの分類を、実時間計算により求める方法を開発し、分析を行った。

これらの結果は、Taylor&Francis社から出版予定の書籍「Charged Particle and Photon Interactions with Matter: Recent Advances, Applications, and Interfaces」の中の1章として発表する予定である。

#### (2) コヒーレントフォノン生成メカニズムの解明

(篠原、川下、岩田、矢花、乙部(原研)、G. F. Bertsch(ワシントン大))

我々が開発した、無限周期系に対する時間依存密度汎関数理論の枠組みを用いて、バルクSiに超短パルスレーザーを照射した際に生じるコヒーレントフォノンの生成メカニズムに関する検討を行った。コヒーレントフォノンの生成メカニズムに関して、従来、2つのメカニズムが提唱されてきた。一つは撃力的なラマン散乱過程であり、パルス光が照射中に起こる電子の一時的な励起に起因して力が発生するというメカニズムである。もう一つは実励起が起こることにより原子の平衡位置がずれることに起因して力が発生するというメカニズムである。我々の計算は、時間依存密度汎関数理論に基づく計算が上記2つのメカニズムを包含することを明確に示すものであった。コヒーレントフォノンの生成に関しては、従来の理論研究は現象論的な記述にとどまっていたが、本研究により第一原理からの記述が可能となった。

本研究における議論の過程で、強く実励起が起こるプロセスに対しては、パルス光の伝播と単位胞内の電子ダイナミクスを切り離して議論することができず、Maxwell方程式と時間依存Kohn-Sham方程式を結合した取扱が不可避であるとの認識が得られた。今後このような視点から、光絶縁破壊の記述や、固体表面とパルス光の相互作用に関する検討を行いたいと考えている。

## < 学位 >

### 1. 理学博士

川下洋輔

Real-time calculations for photo-induced phenomena in molecules based on time-dependent density functional theory

### 2. 理学修士:

笹倉啓介

T D H F B法による核内対相関と原子核の非線形振動運動の研究

篠原 康

時間依存密度汎関数理論に基づくコヒーレントフォノン生成メカニズムに関する研究

村山 聖

原子核の負パリティ励起状態の系統的研究

< 発表論文 >

1. Response Functions in the Continuum of Deformed Nuclei Studied with the Time-Dependent Density-Functional Calculations  
Inakura Tsunenori, Nakatsukasa Takashi, Yabana Kazuhiro  
International Journal of Modern Physics E, Volume 18, Issue 10, pp. 2088-2092 (2009).
2. Systematic study of electric dipole excitations with fully self-consistent Skyrme HF plus RPA from light to mediummass nuclei  
Tsunenori Inakura, Takashi Nakatsukasa, Kazuhiro Yabana  
European Physical Journal A 42 (2009) 03
3. Self-consistent calculation of nuclear photoabsorption cross section: Finite amplitude method with Skyrme functionals in the three-dimensional real space  
Tsunenori Inakura, Takashi Nakatsukasa, Kazuhiro Yabana  
Physical Review C 80 (2009) 044301
4. Linear Response Calculations With Skyrme TDHF+BCS  
S.Ebata, T.Nakatsukasa, T.Inakura, Y.Hashimoto, K.Yabana  
RIKEN Accelerator Progress Report 42, 49(2008)
5. Tilted axis rotation and t-band in 182Os with the three-dimensional cranked Hartree-Fock Bogoliubov method,  
Y. Hashimoto and T. Horibata, Eur. Phys. J. A42, 571-575 (2009).
6. A description of t-band in 182Os within the fully microscopic calculation,  
Y. Hashimoto and T. Horibata, to appear in INFORMATION.
7. Quantum mechanical effects in tilted axis rotations in 182Os,  
Y. Hashimoto and T. Horibata, to appear in AIP Conference Proceedings.
8. Internal One-Particle Density Matrix for Bose-Einstein Condensates with Finite Number of Particles in a Harmonic Potential  
T. Yamada, Y. Funaki, H. Horiuchi, G. Röpke, P. Schuck, A. Tohsaki  
Phys. Rev. C **79**, 054314 (2009). (2009/May.)

9. Concepts of nuclear  $\alpha$ -particle condensation  
Y. Funaki, H. Horiuchi, W. von Oertzen, G. Röpke, P. Schuck, A. Tohsaki and T. Yamada  
Phys. Rev. C **80**, 064326 (2009). (2009/Dec.)
10. Alpha clustering and condensation in  $^{16}\text{O}$   
Y. Funaki, T. Yamada, H. Horiuchi, G. Röpke, P. Schuck and A. Tohsaki  
Proceedings of KGU Yokohama Autumn School of Nuclear Physics  
Int. J. Mod. Phys. A **24**, 1995-2002 (2009). (2009/Apr.)
11. Alpha clustering and monopole strengths in light nuclei  
T. Yamada, Y. Funaki, H. Horiuchi, K. Ikeda and A. Tohsaki  
Proceedings of KGU Yokohama Autumn School of Nuclear Physics  
Int. J. Mod. Phys. A **24**, 2043-2052 (2009). (2009/Apr.)
12. Microscopic wave function of alpha condensation  
A. Tohsaki, Y. Funaki, H. Horiuchi, G. Röpke, P. Schuck and T. Yamada  
Proceedings of KGU Yokohama Autumn School of Nuclear Physics  
Int. J. Mod. Phys. A **24**, 2003-2018 (2009). (2009/Apr.)
13.  $\alpha$ -particle condensed state in  $^{16}\text{O}$   
Y. Funaki, T. Yamada, H. Horiuchi, G. Röpke, P. Schuck and A. Tohsaki  
Proceedings of Franco-Japanese Symposium, "New Paradigms in Nuclear Physics"  
Int. J. Mod. Phys. E **18**, 2083-2087 (2009). (2009/Nov.)
14. Alpha-particle clustering in nuclei and four-alpha-particle condensation in  $^{16}\text{O}$   
Y. Funaki, T. Yamada, H. Horiuchi, G. Röpke, P. Schuck and A. Tohsaki  
Proceedings of the 12th International Conference on Nuclear Reaction Mechanisms  
to be published in the CERN Proceedings series.
15. Present status of  $\alpha$ -particle condensed states in  $4n$  self-conjugate nuclei  
Y. Funaki, T. Yamada, H. Horiuchi, G. Röpke, P. Schuck and A. Tohsaki  
Proceedings of the 7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium (JCN2009)  
to be published in the AIP Conference Proceedings.
16. Alpha-particle condensed states in nuclei  
Y. Funaki, T. Yamada, H. Horiuchi, G. Röpke, P. Schuck and A. Tohsaki  
Proceedings of the International Workshop on "Hadron and Nuclear Physics (HNP09)"  
to be published in World Scientific.
17. Alpha clustering and condensation in  $^{16}\text{O}$   
Y. Funaki, T. Yamada, H. Horiuchi, G. Röpke, P. Schuck and A. Tohsaki  
Proceedings of the International Symposium on "Forefronts of Researches in Exotic  
Nuclear Structures (Niigata2010)"  
to be published in Modern Physics Letters A.

18. First-principles description for coherent phonon generation in diamond  
Y. Shinohara, Y. Kawashita, J.-I. Iwata, K. Yabana, T. Otobe and G.F. Bertsch  
proceedings of The 3rd Theory Meets Industry International Workshop,  
J. Phys.: Condens. Matter , in press.
19. A massively-parallel electronic-structure calculations based on real-space density functional theory  
J.-I. Iwata, D. Takahashi, A. Oshiyama, T. Boku, K. Shiraishi, S. Okada, K. Yabana  
J. Comp. Phys. 229 pp.2339-2363 (2009).
20. First principle calculation for high harmonic generation in diamond  
T. Otobe, K. Yabana, J.-I. Iwata  
J. Comp. Theor. Nanoscience 6 pp.2545-2549 (2009).
21. Oscillator strength distribution of C-60 in the time-dependent density functional theory  
Y. Kawashita, K. Yabana, M. Noda, K. Nobusada, T. Nakatsukasa  
J. Mol. Struct. THEOCHEM 914 pp. 130-135 (2009).

< 国際会議発表 >

1. TDDFT simulation for ultrafast dynamics in molecules and dielectrics  
K. Yabana  
CECAM-LightNet workshop on Computational Challenges emerging from Next-Generation Light Sources (DESY, Hamburg, 2009.10.13-15)
2. Time-dependent density functional theory : A comparative study between nuclear and electronic systems  
K. Yabana  
Arctic FIDIPRO-EFES Workshop: Future Prospects of Nuclear Structure Physics (Saariselka, Finland 2009.4.20-24)
3. Real-time calculation for RPA response and nonlinear dynamics  
K. Yabana  
Multidisciplinary Workshop on the Random Phase Approximation (Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, France, 2010.1.26-29)
4. Systematic calculation of electric dipole strength with Skyrme-HF plus RPA  
T. Inakura, T. Nakatsukasa, K. Yabana  
7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium (Univ. of Tsukuba, 2009. 11. 9-13)
5. Systematic calculation of electric dipole strength with Skyrme-HF plus RPA

- T. Inakura, T. Nakatsukasa, K. Yabana  
INTERNATIOAL SYMPOSIUM Forefronts of Researches in Exotic Nuclear  
Structures ---Niigata2010--- (Niigata, 2010. 3. 1-4 )
6. Systematic calculation of E1 strength with fully self-consistent Skyrme-HF+RPA  
T. Inakura, T. Nakatsukasa, K. Yabana  
10th Internatioal Symposium on Origin of Matter and Evolution of the  
Galaxies (OMEG10) (RCNP, 2010. 3. 8-10 )
  7. Systematic calculation of electric dipole strength with Skyrme-HF plus RPA  
T. Inakura, T. Nakatsukasa, K. Yabana  
JUSTIPEN workshop (JIHIR, ORNL, 2010. 3. 15-17)
  8. Linear Response Calculation using Canonical-basis TDHFB  
with a schematic pairing functional,  
The 4th LACM-EFES-JUSTIPEN Workshop [ORNL Oak Ridge, Tennessee 2010.03.15 - 03.17]  
江幡 修一郎, 中務 孝, 稲倉 恒法, 橋本 幸男, 矢花 一浩
  9. Possible mechanism of the t-band based on the fully microscopic calculation,  
Yukio Hashimoto and Takatoshi Horibata,  
Fifth international conference on information (Kyoto Univ., Kyoto, November 6-9, 2009)
  10. Quantum mechanical effects in tilted axis rotations in 182Os,  
Y. Hashimoto and T. Horibata,  
The 7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium (Univ. of Tsukuba, November 9 - 13,  
2009)
  11. TDHFB calculation in nuclear system,  
Y. Hashimoto,  
Non-equilibrium transport dynamics in finite quantum systems (Ibaraki Univ., December  
20-21, 2009)
  12. Intermediate amplitude collective motion in  $^{52}\text{Ti}$  with TDHFB,  
Y. Hashimoto and K. Sasakura,  
EFES-LIA workshop on the nuclear energy density functional method (RIKEN, February 26-27,  
2010)
  13. Alpha particle clustering in nuclei and 4-alpha-particle condensation in  $^{16}\text{O}$   
Y. Funaki  
3rd International Conference on Collective Motion in Nuclei Under Extreme Conditions  
(COMEX3), Mackinac Island, Michigan, USA, June 2-5, 2009. (招待講演)
  14. Alpha-particle clustering in nuclei and four-alpha-particle condensation in  $^{16}\text{O}$   
Y. Funaki

12th International Conference on Nuclear Reaction Mechanisms, Varenna, Italy, June 15–19, 2009. (口頭発表)

15. Alpha-particle clustering in nuclei and 4-alpha-particle condensation in  $^{16}\text{O}$   
Y. Funaki  
Sixth Workshop on “Aspects of alpha correlations and alpha condensation in nuclear systems”,  
Institute of Physics, Rostock University, Germany, August 5–7, 2009. (口頭発表)

16. Present status of  $\alpha$ -particle condensed states in  $4n$  self-conjugate nuclei  
Y. Funaki  
7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium (JCS2009), University of Tsukuba, Japan,  
November 9 – 13, 2009. (口頭発表)

17. Alpha-particle condensed states in nuclei  
Y. Funaki  
Workshop on “Hadron and Nuclear Physics (HNP09)”, RCNP, Osaka University, Japan, November  
16–19, 2009. (口頭発表)

18. Alpha clustering and condensation in nuclei  
Y. Funaki  
International Symposium on “Forefronts of Researches in Exotic Nuclear Structures  
(Niigata2010)”, Hotel Belnatio, Tokamachi, Niigata, March 1 –4, 2010. (口頭発表)

19. TDDFT Simulation for Electron-Phonon Dynamics in Dielectrics under  
Ultrashort Laser Pulse  
Yasushi Shinohara, Kazuhiro Yabana, Yosuke Kawashita, Jun-ichi Iwata,  
Tomohito Otobe, The 3rd Theory Meets Industry International Workshop, Nov. 11-13,  
2009, Nagoya, Japan.

20. Real-time TDDFT simulation for light-induced electron-phonon  
dynamics in dielectrics,  
Yasushi Shinohara, Kazuhiro Yabana, Yosuke Kawashita, Jun-ichi Iwata,  
Tomohito Otobe, International Symposium of Electronic Structure Calculations -Theory,  
Correlated and Large Scale Systems and Numerical Methods- , Dec. 7-9,  
2009, Tokyo, Japan.

21. Simulation for Fermionic Dynamics: Nuclear vs Coulombic systems  
K. Yabana  
YITP International Workshop on Development of Nuclear Structure Models from the Viewpoint  
of Nuclear Force (Kyoto Univ. 2009.5.20-22)

#### <国内研究会・学会等>

1. Skyrme-HF+RPA を用いた E1 励起モードの系統的計算

稲倉恒法, 中務孝, 矢花一浩

原子核の E1, M1 励起モードの探究と今後の戦略 (RCNP, 2009. 8. 6-7)

2. 208Pb や 132Sn などに現れる pygmy dipole resonance の性質について  
稲倉恒法  
日本物理学会 2010 年秋季大会 (山形大学, 2010.3.20-23)
3. 中重核に対する Skyrme-TDHF+"BCS" のアプローチ  
江幡 修一郎, 中務 孝, 稲倉 恒法, 橋本 幸男, 矢花 一浩,  
日本物理学会 第 65 回年次大会 [岡山大学, 2010.03.20 - 03.23]
4. Linear Response Calculation using Canonical-basis TDHFB with a schematic pairing functional,  
江幡 修一郎, 中務 孝, 稲倉 恒法, 橋本 幸男, 矢花 一浩  
ICHOR-EFES International Symposium on New Facet of Spin-Isospin Responses (SIR2010)  
[東京大学 小柴ホール 2010.02.18 - 02.21]
5. Skyrme-TDHF+"BCS" を用いた線形応答計算 ~ 系統的計算を求めて ~,  
江幡 修一郎, 中務 孝, 稲倉 恒法, 橋本 幸男, 矢花 一浩  
原子核三者若手夏の学校 [パノラマランド木島平 2009.08.24 - 08.29]
6. Skyrme-TDHF+"BCS" を用いた線形応答計算  
江幡 修一郎, 中務 孝, 稲倉 恒法, 橋本 幸男, 矢花 一浩  
原子核・ハドロン物理学 [KEK 3 号館, 2009.08.11 - 08.13]
7. Linear Response Calculation using Canonical-basis TDHFB  
with a schematic pairing functional (ポスター発表),  
江幡 修一郎, 中務 孝, 稲倉 恒法, 橋本 幸男, 矢花 一浩  
The 10th. International Symposium on Origin of Matter and Evolution  
of the Galaxies (OMEG10), [RCNP 銀杏会館 2010.03.08 - 03.10]
8. Linear Response Calculation using Canonical-basis TDHFB  
with a schematic pairing functional (ポスター発表),  
江幡 修一郎, 中務 孝, 稲倉 恒法, 橋本 幸男, 矢花 一浩  
INTERNATIONAL SYMPOSIUM Frontiers of Researches in Exotic  
Nuclear Structures (Niigata2010), [新潟十日町 ホテル BELNATIO 2010.03.01 - 03.04]
9. Skyrme-TDHF+"BCS" を用いた線形応答計算 ~ 系統的計算を求めて ~ (ポスター発表),  
江幡 修一郎, 中務 孝, 稲倉 恒法, 橋本 幸男, 矢花 一浩  
原子核三者若手夏の学校 [パノラマランド木島平 2009.08.24 - 08.29]
10. HFB + GCM による 182Os の t バンドの構造,  
橋本幸男、堀端孝俊,  
日本物理学会第 65 回年会、[岡山大学, 2010.03.20 - 03.23]

11. TDHFB による非線形振動運動の緩和現象の研究,  
 笹倉啓介、橋本幸男、矢花一浩,  
 日本物理学会第 65 回年会、[岡山大学, 2010.03.20 - 03.23]
12. 軸対称調和振動子基底を用いた TDHFB による軽い核の線形応答,  
 三藤竜也、橋本幸男、矢花一浩,  
 日本物理学会第 65 回年会、[岡山大学, 2010.03.20 - 03.23]
13. ガスの クラスタ構造と 凝縮,  
 船木靖郎  
 KEK 理論センター研究会、  
 原子核・ハドロン物理、KEK、2009 年 8 月 11 日 - 13 日
14. 共鳴の条件を取り入れた  $^{16}\text{O}$  における  $4^-$  凝縮状態へのアプローチ,  
 船木靖郎  
 日本物理学会第 65 回年次大会、[岡山大学, 2010.03.20 - 03.23]
15. 第一原理電子ダイナミクス計算によるコヒーレントフォノン生成機構の解明,  
 篠原康、矢花一浩、川下洋輔、岩田潤一、乙部智仁  
 日本物理学会 65 回年次大会、[岡山大学, 2010.03.20 - 03.23]
16. 時間依存密度汎関数理論によるコヒーレントフォノン生成機構の解明,  
 篠原康、矢花一浩、川下洋輔、岩田潤一、乙部智仁  
 日本物理学会 2009 年秋季大会、2009 年 9 月 25 日-28 日、熊本大学
17. 第一原理計算によるコヒーレントフォノン生成機構の解明,  
 篠原康、矢花一浩、川下洋輔、岩田潤一、乙部智仁  
 第 70 回応用物理学会学術講演会 2009 年 9 月 8 日-11 日、富山大学
18. 実時間・実空間法による固体ダイナミクスの第一原理シミュレーション,  
 篠原康、矢花一浩、川下洋輔、岩田潤一、乙部智仁  
 次世代スーパーコンピューティングシンポジウム 2009、2009 年 10 月 7 日-8 日、東京
19. 多核子移行反応の微視的定式化への可能性  
 矢花一浩  
 日本物理学会第 65 回年次大会シンポジウム「速い中性子捕獲、元素組成第 3 ピーク周辺の核物  
 理、宇宙物理」、[岡山大学, 2010.03.20 - 03.23]
20. 光と物質の相互作用に対する実時間第一原理計算  
 矢花一浩  
 東京大学物性研究所短期研究会「計算物理学」、2009 年 12 月 10 - 11 日

## その他

### <招待セミナー>

「Description of coherent phonon generation based on first-principle calculation」

Yasushi Shinohara, Kazuhiro Yabana, Yosuke Kawashita, Jun-ichi Iwata,  
Tomohito Otobe, George F. Bertsch.

2010年1月16日、電気通信大学小林研究室

Real-time TDDFT for linear and nonlinear optical responses

K. Yabana

Center for Theoretical Quantum Dynamics, Univ. Washington, 2009.7.17

### <集中講義>

九州大学理学研究科大学院集中講義、矢花一浩、2009年10月28 - 30日

### <一般向け講演会>

ミクロな物質世界の運動 - 波動力学のコンピューターシミュレーション -

矢花一浩、Public Lectures “Computer simulations of nuclear and electronic many-body systems” 新潟大学、2010年3月5日

### <外部資金>

科研費補助金 若手研究(B) (研究代表者：船木靖郎) 課題番号 21740209 「原子核におけるガスのクラスター構造、及びクラスターによる量子凝縮状態の研究」(2009年度 900千円)