

II-2. 原子核分野

1. メンバー

教授	矢花 一浩
准教授	寺崎 順 (HPCI 戦略プログラム)
講師	橋本 幸男
研究員	谷口 億宇
学生	大学院生 4名

2. 概要

当部門では、陽子と中性子の多体系として捉えた原子核の励起・応答・反応などの量子ダイナミクスを中心的な課題として研究に取り組んでいる。当部門で開発に取り組んでいる方法は、フェルミオン多粒子系の量子ダイナミクス計算という観点から、物質科学や光科学においても有効であり、当部門に属する研究者は2つの階層にまたがる研究を進めている。後者の活動については、量子物性研究部門の報告を参照されたい。

原子核物理学は、格子 QCD に基づく核力の計算や軽い原子核の直接計算などで素粒子物理学と結びつき、また元素の起源や星の構造を通じて宇宙物理学とも密接に関係している。現在このような連携を持つテーマとして、ニュートリノ質量に関係する二重ベータ崩壊行列要素の計算や、重元素合成の鍵となるトリプルアルファ反応計算が進展中である。

3. 研究成果

【1】原子核の励起状態

(1) ニュートリノレス二重ベータ崩壊における原子核行列要素の QRPA 計算 (寺崎)

寺崎は、準粒子乱雑位相近似 (QRPA) を用いて、ニュートリノ質量を決めるためのニュートリノレス二重ベータ崩壊の原子核行列要素の計算に平成 23 年度以来取り組んでおり、平成 25 年度には前年度に大部分完成していた必要な計算コードを大規模計算用に整備する段階が完了し、 ^{150}Nd - ^{150}Sm で QRPA 多体相関の原子核行列要素への新しい機構を通じた影響を示す興味深い結果を生みつつある。

本課題は平成 24 下期-25 年度の「京」を含む HPCI システム共用計算資源の利用研究課題において「京」の一般利用に採択された。また平成 26 年度から 3 年間科研費基盤 C に採択されることが内定した。

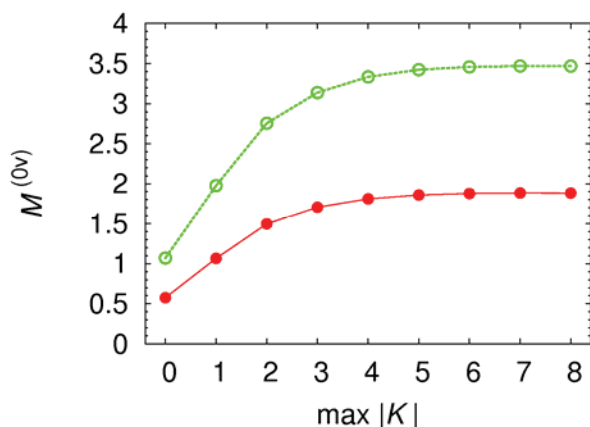
もしニュートリノレス二重ベータ崩壊が観測されれば、原子核行列要素の二乗と電子の位相空間因子の積 (理論計算) とその崩壊の寿命 (実験測定) からニュートリノ質量の期待値が求められる。原子核行列要素は、ニュートリノポテンシャルの二体相互作用行列、始状態と終状態から

求めた二種類の QRPA 励起中間状態の重複行列、始状態と終状態から QRPA 励起中間状態への二つの二核子移行遷移行列の積のトレースによって求められる。

本研究の特徴は三つある。最も強調されるのは、QRPA 基底状態は準ボソンの真空状態であるという定義を採用することにより、QRPA 相関を正しく取り込んだ重複行列要素計算を行うことである。第二に、完全性近似のもとで、二核子移行を経由する仮想反応を考えていることである。この方法により、荷電変化反応に対して QRPA はあまり良い近似でないという問題を避けることができる。第三に世界的に頂上級の並列計算機を用いることにより、できる限り波動関数空間の広い、精度の高い計算を行うことである。

これらの特徴をもつ方法により、Skyrme エネルギー密度汎関数 (SkM*) と体積型対エネルギー密度汎関数を用いて、 ^{150}Nd - ^{150}Sm において 1.88 という原子核行列要素の数値が得られた。今までに行われたいくつかの方法による計算値はおおよそ 1.9-2.5 の範囲にあり、本研究の値は比較的小さいといえる。図から QRPA 相関は重複行列要素を通じて原子核行列要素を顕著に小さくすることがわかる。また、従来の QRPA 計算では、二つのニュートリノを放出する二重ベータ崩壊のデータを再現するように陽子・中性子対エネルギー密度汎関数が導入され、この処方箋は原子核行列要素の値を減少させる効果をもつのであるが、本研究ではこの処方箋を用いていない。用いられる核がかなり中性子過剰だからである。現象論的陽子・中性子対エネルギー密度汎関数なしに、本来の QRPA 基底状態の定義により QRPA 相関を取り入れて小さい原子核行列要素の値が得られたという点が興味深い。本研究により、30 年以上もの間未解決となっている QRPA と殻模型による原子核行列要素計算値の系統的不一致問題の突破口が開かれた可能性が高い。

寺崎は、平成 24 年度以来の研究と並ぶ業務である HPCI 戦略プログラム分野 5 のユーザー支援活動にも積極的に従事した。平成 25 年度は、ユーザー支援（物理にまで踏み込んだプログラム相談）の窓口ならびに連絡業務に加え、HPCI 戦略プログラムの主催または共催するふたつの研究会でユーザー支援の広報発表を行った。



図。計算で得られた原子核行列要素 $M^{(0v)}$ の中間状態 (K 量子数) の増加に対する収束性。赤線が我々の計算法で、緑線は QRPA 中間状態の重複に、QRPA 基底状態ではなく、HFB 基底状態を用いた際の値。

(2) 多 Slater 行列式の重ね合わせによる軽い原子核のクラスター状態の記述 (福岡、矢花、船木 (理研)、中務 (理研))

乱雑な初期配置を持つ波動関数を虚時間発展させると、基底状態へと至る過程でさまざまなクラスター状態が現れる。この過程で現れる Slater 行列式を重ね合わせ、さらにパリティ及び角運動量射影を行うことにより、軽い原子核のクラスター状態を記述することを試みている。 ^{12}C 原子核に対しては論文を出版し、さらに ^{16}O 、 ^{20}Ne 原子核に対する計算を進めた。

(3) Gogny 力を用いた時間依存平均場計算 (橋本)

原子核の集団運動を記述する方法の中でも時間依存平均場の方法は、理論的な枠組みの展開においても、また、実際の現象に対応した定性的・定量的な説明・記述を行ううえでも中心的な役割を果たしてきた。時間依存平均場の方法の中では、時間依存ハートレーフォック (TDHF) が広く用いられている。TDHFは、スキルム有効相互作用を用いた密度汎関数理論として位置づけられ、計算機の能力向上によって核図表上の広い範囲の原子核を対象とした応用が可能になっている。TDHFは、ゼロレンジの力であるスキルム有効相互作用と3次元空間格子の組み合わせにより、計算コードがシンプルで適応範囲の広いツールとなった。最近では、中性子過剰核のダイナミクスにおける対相関の役割を研究するために、空間格子によるスキルム力+時間依存ハートレーフォックボゴリュボフ (TDHFB) の枠組みが提案されている。一方、ゴグニー有効相互作用は、そのレンジが有限の大きさを持つことで、平均場計算に用いられる基底はもっぱら調和振動子基底であった。そこで、連続状態と束縛状態の間に対相関が働く中性子過剰核の運動を記述するうえでは空間格子が便利であることに着目し、ゴグニー有効相互作用でも空間格子を用いた平均場計算が可能な枠組みを作ることを目指している。ゴグニー有効相互作用の場合には、ガウス型の相互作用形のおかげで対相関の働く空間に自然なカットオフが入る点がメリットである。一方、有限なレンジのために、2体相互作用の行列要素の計算にCPU時間をとられることになる。

2013年度は、ラグランジュ格子点を用いたTDHFBのコードにより、対相関のある球形核の代表として酸素 ^{20}O 、また、変形核の代表としてマグネシウム ^{34}Mg を対象とするHFB計算を行った。時間依存計算のために、格子間隔と基底状態のエネルギーとの関係、さらにゴグニー力に含まれる各要素 (ガウス型2体力、密度依存力、LS力など) のエネルギーと格子間隔との関係を押さえた。時間依存計算においては、エネルギーと粒子数期待値を保存させる方法の開発に時間がかかったが一定の精度を出せるようになった。これによってTDHFB計算が可能になり、酸素 ^{20}O 、マグネシウム ^{34}Mg について、軸対称四重極型振動運動の強度関数を求めることができた。同時に、対相関を持つ原子核同士の衝突を扱う方法の開発を開始した。

(4) 励起状態に現れる変形状態とクラスタ相関 (谷口)

原子核は励起により多彩に構造が変化する。低励起状態では変形構造とクラスタ構造が重要である。クラスタ構造は、原子核が複数の塊に分かれて局在した、空間的な相関の強い構造である。本年度は $^{33-36}\text{S}$ の超変形状態の構造の研究を行った。

硫黄同位体のうち陽子数と中性子数が等しい ^{32}S には、 $^{16}\text{O}-^{16}\text{O}$ クラスタ構造を多く含む超変形状態が存在することが理論的に予想されている。似た構造として、ベリリウム 8 の基底状態の $\alpha-\alpha$ クラスタ構造がある。ベリリウム同位体の中性子過剰核には、 $\alpha-\alpha$ クラスタ構造の周りに余剰中性子が分布した構造が基底状態やその近傍に現れることが知られている。従って、硫黄同位体には、 $^{16}\text{O}-^{16}\text{O}$ クラスタ構造の周りに余剰中性子が分布した超変形状態が系統的に存在することが期待される。

$^{33-36}\text{S}$ の様々な変形構造波動関数を重ねあわせた結果、それらの核には超変形状態が系統的に存在し、それらはクラスタ描像では $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ クラスタと、その周りに余剰中性子が $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ 芯が作る分子軌道に入った構造と理解されることがわかった。

(5) エネルギー変分を用いた断熱核間ポテンシャルの導出と低エネルギー核融合 (谷口、延与 (京都大学)、須原)

核反応研究において、核間ポテンシャルは基礎となり重要である。しかし、核子間力から核間ポテンシャルを微視的に導出する手法は確立していない。そのためには核の構造変化を微視的に扱うことが必要である。

谷口や須原らは、核間距離を拘束条件としてエネルギー変分して、得られたエネルギーから各核の基底状態のエネルギーの和を引くことにより、核間ポテンシャルを導出する方法を開発した。この手法は、核間運動が核子の運動よりも遅い断熱近似に相当する。

その手法により得られた断熱核間ポテンシャルを $^{16}\text{O} + ^{16,18}\text{O}$ 低エネルギー核融合断面積の導出に応用した。それぞれの核融合断面積の衝突エネルギーの依存性が再現され、それによりこの断熱核間ポテンシャルの妥当性が確認された。また、 $^{16}\text{O} + ^{18}\text{O}$ は $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ に比べて核融合断面積が大きくなるが、それは ^{18}O の 2 余剰中性子の構造変化に起因することがわかった。

【2】原子核の反応**(1) トリプルアルファ反応率の虚時間理論 (赤堀、矢花、船木 (理研))**

我々は光放出を伴う融合過程に対して新しい理論的枠組みである虚時間理論を提唱し、この理論を用いたトリプルアルファ過程の研究を行っている。トリプルアルファ過程は、電荷を持つ 3 粒子の散乱過程を扱う必要があること、また 3 体量子トンネル過程であり興味の持たれる 1GK から 0.01GK の範囲で反応率が 10^{60} も変化することなどから、理論的記述は困難を極めており、最

近 5 年間に発表された論文においても、反応率は実に低温で 10^{26} に及ぶ差異がある。我々は、虚時間理論を用いることにより、容易に収束した反応率が得られることを示し、その結果は標準的な反応率として NACRE で採用されている値に極めて近いことを示した。

さらに、R 行列理論と虚時間理論を組み合わせることにより、3 体ハミルトニアンに分離型近似を仮定すると、NACRE で用いられている解析式に極めて近い表式が得られることを明らかにし、経験的な反応率の表式に対する微視的根拠を与えた。数値的にも分離型近似は良い近似となっていることを示した。これらの結果を論文にまとめ、投稿中である。

(2) TDHF 計算による多核子移行反応の記述 (関澤、矢花)

粒子数射影の方法を用いた、多核子移行反応断面積に対する TDHF 計算の結果を論文にまとめ発表した。TDHF 計算で得られる終状態の原子核は励起しており、実験で得られている断面積とより正確な比較をするためには粒子放出の効果を取り入れる必要がある。このため、粒子数射影後の波動関数に対してエネルギー期待値を計算する方法を開発し、粒子放出効果の影響を調べた。

^{238}U を含む原子核衝突では、多数の陽子が移行する過程が測定されている。この理由について、TDHF 計算により調べた。その結果、陽子移行を伴う過程は、変形核である ^{238}U の変形方向と衝突軸との相対角度に強く依存することが分かった。prolate 変形した ^{238}U の尖った部分が標的核にぶつかる時、ネック領域が発達し、多くの核子移行が見出される。一方、 ^{238}U の腹の部分に標的核がぶつかると、ネックはあまり発達せず、多くの核子が移行する過程は見出されないことが明らかとなった。

4. 教育

学生の指導状況 (学生氏名、学位の種類、論文名)

<理学博士>

岡本稔 「Three-dimensional calculation of non-uniform structures in low-density nuclear matter and neutron star by a relativistic mean field model」

福岡佑太 「Deformation and cluster structures in light nuclei studied with configuration mixing using Skyrme interaction」

5. 受賞、外部資金、知的財産権等

受賞 (賞の名称、受賞者名、タイトル、年月日)

6. 研究業績

(1) 研究論文

A) 査読付き論文

1. Low-energy E1 strength in select nuclei: Possible constraints on neutron skin and symmetry energy

T. Inakura, T. Nakatsukasa, K. Yabana

Phys. Rev. C88, 051305 (2013)

2. Computational Nuclear Quantum Many-Body Problem: The UNEDF Project

S. Bogner, A. Bulgac, J. Carlson, J. Engel, G. Fann, R.J. Furnstahl, S. Gandolfi, G. Hagen, M. Horoi, C. Johnson, M. Kortelainen, E. Lusk, P. Maris, H. Nam, P. Navratil, W. Nazarewicz, E. Ng, G.P.A. Nobre, E. Ormand, T. Papenbrock, J. Pei, S. C. Pieper, S. Quaglioni, K. Roche, J. Sarich, N. Schunck, M. Sosonkina, J. Terasaki, I. Thompson, J.P. Vary, S.M. Wild,

Computer Physics Communications 184, 2235 (2013)

3. Deformation and cluster structures in ^{12}C studied with configuration mixing using Skyrme interactions

Y. Fukuoka, S. Shinohara, Y. Funaki, T. Nakatsukasa, and K. Yabana

Phys. Rev. C 88, 014321 (2013).

4. Time-dependent Hartree-Fock-Bogoliubov calculations using a Lagrange mesh with the Gogny interaction

Y. Hashimoto

Phys. Rev. C88, 034307 (2013)

5. A description of t-band in ^{182}Os with generator coordinate method,

Y. Hashimoto and T.Horibata,

INFORMATION, Vol.17, No.2, 429 – 434(February 2014).

6. Adiabatic internuclear potentials obtained by energy variation with the internuclear-distance constraint

Yasutaka Taniguchi, Yoshiko Kanada-En'yo, Tadahiro Suhara

Prog. Theor. Exp, Phys. 2013, 043D03 (2013)

7. Time-dependent Hartree-Fock calculations for multinucleon transfer processes in $^{40,48}\text{Ca}+^{124}\text{Sn}$, $^{40}\text{Ca}+^{208}\text{Pb}$, and $^{58}\text{Ni}+^{208}\text{Pb}$ reactions

K. Sekizawa, K. Yabana

Phys. Rev. C 88, 014614 (2013)

8. Nuclear “pasta” structures in low-density nuclear matter and properties of the neutron-star crust

M. Okamoto, T. Maruyama, K. Yabana, T. Tatsumi

Phys. Rev. C 88, 025801, 2013.

9. Imaginary-time theory for triple-alpha reaction rate

T. Akahori, Y. Funaki, K. Yabana

arXiv:1401-4390

(2) 国際会議発表

A) 招待講演

1. Imaginary-time theory for triple-alpha reaction rate

K. Yabana

12th Int. Symp. on Origin of Matter and Evolution of Galaxies (OMEG12), Tsukuba, Nov. 18-22, 2013.

2. Imaginary-time theory for triple-alpha reaction rate

K. Yabana

Workshop on large-scale computational methods applied to multi-particle resonances and astrophysical reaction problems in few-body systems, RIKEN, Wako, Oct. 21-25, 2013.

3. Relation between pairing gaps and transition probabilities in $^{132,136}\text{Te}$

J. Terasaki

XX International School on Nuclear Physics, Neutron Physics and Applications, September 16-21, 2013, Varna, Bulgaria

4. Prallel-GPU calculation of electron dynamics using a hybrid density functional

Y. Taniguchi, S.A. Sato, Y. Shinohara, K. Yabana

Quantum Dynamics Research Meeting, March 10-12, 2014, Vanderbilt University, Nashville, USA

5. Time-dependent Hartree-Fock calculation for multinucleon transfer processes in heavy-ion reactions

K. Sekizawa, K. Yabana

A ECT* Workshop on "From nuclear structure to particle-transfer reactions and back", Nov. 4-8, 2013, ECT*, Trento, Italy

6. Time-dependent Hartree-Fock Calculations for Nuclear Multi-nucleon Transfer Processes

K. Sekizawa, K. Yabana

A ECT* Workshop on "Advances in time-dependent methods for quantum many-body systems", Oct. 14-18, 2013, ECT*, Trento, Italy

B) 一般講演

1. Imaginary time theory for triple-alpha reaction rate

K. Yabana

International Molecular-type Workshop on New Correlations in Exotic Nuclei and Advances of Theoretical Models, YITP, Kyoto Univ, Mar. 10-23, 2014.

2. Effect of QRPA correlations to nuclear matrix element of neutrinoless double-beta decay through overlap matrix

J. Terasaki

International molecule-type workshop on new correlations in exotic nuclei and advances of theoretical models, March 10-23, 2014, Kyoto

3. Study of t-band in 182Os with cranked three-dimensional

Hartree-Fock-Bogoliubov method

Y. Hashimoto and T. Horibata,

The Sixth International Conference on Information (May 8 - 11, 2013, Hotel

Arcadia Ichigaya, Tokyo, Japan)

4. Time-dependent Hartree-Fock calculations for multinucleon transfer processes

K. Sekizawa, K. Yabana

VI International Conference on Fusion and allied reactions around Coulomb barrier
"FUSION14", Feb. 24-28, 2014, Inter University Accelerator Centre (IUAC), New
Delhi, India

5. Time-dependent Hartree-Fock calculations for multinucleon transfer processes

K. Sekizawa, K. Yabana

JUSTIPEN-JUSEIPEN Workshop, Dec. 9-12, 2013, RIKEN, Wako, Japan

6. Quasi-fission Dynamics in Time-dependent Hartree-Fock Theory (ポスター)

K. Sekizawa, K. Yabana

12th CNS International Summer School, Aug. 28 - Sept. 3, 2013, RIKEN Nishina
Center, Wako, Japan

(3) 国内学会・研究会発表

A) 招待講演

該当なし。

B) その他の発表

1. 非共鳴領域におけるトリプルアルファ反応率の理論的記述

矢花一浩、赤堀孝彦、船木靖郎

日本物理学会秋の分科会、高知大学朝倉キャンパス、2013年9月21日

2. 変形超流動原子核における素励起モード・応答関数の研究 (ポスター)

中務孝、藏増嘉伸、数納広哉、江幡修一郎、稲倉恒法、寺崎順

平成25年度「京」を中核とする HPCI システム利用研究課題中間報告会、タイム 24 ビ
ル、東京、2013年10月2-3日

3. 密度汎関数理論の二重ベータ崩壊原子核行列要素への応用 (ポスター)

寺崎 順

第 5 回「学際計算科学による新たな知の発展・統合・創出」シンポジウム、筑波大学、つくば、2013 年 11 月 5-6 日

4. ユーザー支援のご案内

寺崎 順

新学術領域「素核宇宙融合による計算科学に基づいた重層的物質構造の解明」のまとめと今後を語る研究会、旅館すがわら、大崎、2013 年 12 月 20-21 日

5. 分野 5 ユーザー支援の紹介

寺崎順

第 9 回 CMSI 若手技術交流会、ホテル水葉亭、熱海、2014 年 1 月 28-30 日

6. Calculation of nuclear transition matrix elements of neutrinoless double-beta decay

寺崎 順

第 9 回 CMSI 若手技術交流会、ホテル水葉亭、熱海、2014 年 1 月 28-30 日

7. ユーザー支援報告

寺崎 順

平成 25 年度 HPCI 戦略プログラム分野 5 全体シンポジウム、富士ソフトアキバプラザ、東京、2014 年 3 月 3-4 日

8. Calculation of nuclear transition matrix elements of neutrinoless double-beta decay using QRPA

寺崎 順

平成 25 年度 HPCI 戦略プログラム分野 5 全体シンポジウム、富士ソフトアキバプラザ、東京、2014 年 3 月 3-4 日

9. ニュートリノレス二重ベータ崩壊の原子核行列要素に対する QRPA 関連の効果

寺崎 順

日本物理学会 第 69 回年次大会、東海大学、平塚、2014 年 3 月 27-30 日

10. Lagrange 格子を用いた Gogny-TDHFB による線形応答計算

橋本幸男

日本物理学会 2013 年秋季大会（高知大学朝倉キャンパス、2013 年 9 月 20 日-23 日）

11. S 同位体の励起状態の変形の発達とクラスタ構造

谷口億宇

日本物理学会年次大会, 2014 年 3 月 27-30 日, 東海大学

12. ハイブリッド汎関数による電子ダイナミクスの並列 GPU 計算

谷口億宇, 佐藤駿丞, 篠原康, 矢花一浩

日本物理学会秋季大会, 2013 年 9 月 25-28 日, 徳島大学

13. 硫黄同位体の超変形状態とクラスタ相関

谷口億宇

日本物理学会秋季大会, 2013 年 9 月 20-23 日, 高知大学

14. sd 及び pf 殻領域における超変形状態とクラスタ相関

谷口億宇

RCNP 研究会「核子・ハイペロン多体系におけるクラスター現象」, 2013 年 7 月 26-27 日, KGU 関内メディアセンター

15. ^{238}U を伴う多核子移行反応過程の TDHF 計算

関澤一之, 矢花一浩

日本物理学会 第 69 回年次大会, 東海大学湘南キャンパス, 神奈川県平塚市, 2014 年 3 月 27-30 日

16. TDHF 計算による多核子移行反応の研究

関澤一之, 矢花一浩

第 3 回 HPCI 戦略プログラム 分野 2×分野 5 異分野交流研究会

"量子多体系のダイナミクス計算 -原子核から物質科学まで-",

自然科学研究機構 分子科学研究所, 愛知県岡崎市, 2013 年 11 月 13 日-14 日

17. 密度汎関数理論に基づく原子核ダイナミクスの研究（ポスター）

関澤一之, 矢花一浩, 橋本幸男

平成 25 年度「京」を中核とする HPCI システム利用研究課題 中間報告会, タイム 24
ビル, 東京都江東区, 2013 年 10 月 2 日-3 日

18. 準核分裂ダイナミクスの TDHF 計算

関澤一之, 矢花一浩

日本物理学会 2013 年秋季大会, 高知大学朝倉キャンパス, 高知県高知市, 2013 年 9 月
20 日-23 日

19. パスタ構造と中性子星クラスト物質の力学的性質

岡本稔, 丸山敏毅, 矢花一浩, 巽敏隆

日本物理学会 2013 年秋季大会, 高知大学, 2013 年 9 月 20 - 23 日

20. “原子核パスタ”と中性子星クラスト

岡本稔, 丸山敏毅, 矢花一浩, 巽敏隆

原子核研究 4 月, 基研研究会「ハドロン物理の諸相と状態方程式 - 中性子星の観測に照
らして -」報告集, pp.17-20, 2013 年

21. トリプルアルファ反応率の虚時間理論

矢花一浩

東工大量子物理学ナノサイエンス第 7 4 回セミナー, 2013 年 7 月 3 日

22. TDHF 計算による多核子移行反応の研究

関澤一之, 矢花一浩

第 916 回九大原子核セミナー, 九州大学箱崎キャンパス, 福岡県福岡市, 2014 年 3 月 3
日

23. Time-dependent Hartree-Fock calculations for multinucleon transfer processes

K. Sekizawa, K. Yabana

A seminar at INFN-LNL, Oct. 22, 2013, Legnaro, Padova, Italy

7. 異分野間連携・国際連携・国際活動等

- HPCI 戦略プログラム分野 5 と分野 2 の共催による異分野交流研究会を、量子ダイナミクス計算をテーマに 2013 年 11 月 13-14 日に分子科学研究所で開催。

- 当グループは、フェルミオン多粒子系の量子ダイナミクスという観点から、当センター量子物性研究部門においても共通する研究を行っており、その活動実績については量子物性研究部門の報告に含まれている。

8. シンポジウム、研究会、スクール等の開催実績

HPCI 戦略プログラム分野 2 と分野 5 の第 3 回交流研究会「量子多体系のダイナミクス計算－原子核から物質科学まで－」（2013 年 11 月 13～14 日、分子科学研究所）を主催者の一人として開催した（矢花）。

9. 管理・運営

- センター共同研究担当主幹（矢花）

-

10. 社会貢献・国際貢献

- HPCI 戦略プログラム分野 5 のユーザー支援において、プログラム支援をとりまとめる役割（寺崎）
- 教員免許状更新講習「物質の起源と量子の世界」矢花一浩、筑波大学、2013 年 7 月 28 日
- European Physical Journal A 誌の編集委員（矢花）
- KEK 大型シミュレーション研究推進委員（矢花）
- APCTP 日本委員会委員（原子核分野）（矢花）
- 核理論委員会委員（矢花）

11. その他

海外長期滞在、フィールドワークなど