

受付 ID	15a-47
分野	原子核

原子核ダイナミクスの微視的シミュレーション

Microscopic simulation of nuclear dynamics

中務 孝

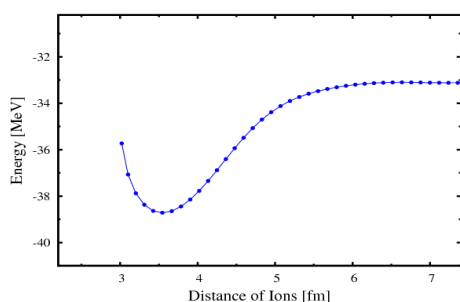
筑波大学 計算科学研究センター

1. 研究目的

数個から最大で 300 程度の核子多体系である原子核を、核子の自由度から量子力学的に理解する微視的研究は、最近の計算機能力の発展に伴い質的な変貌を遂げている。ごく軽い原子核では、現実的核力から出発した第一原理的な計算が可能となっており、定量性の高い殻模型による記述も幅広い質量数領域に拡大している。また、全核種の記述が可能となる微視的理論としては密度汎関数理論 (DFT) による記述が発展している。本研究課題では、時間依存密度汎関数理論 (TDDFT) に基づき、原子核の動的性質を解明することを主目的とした計算を実施している。

2. 研究成果の内容

我々は、DFT に基づく原子核の励起構造・反応機構の研究を進めており、H27 年度は主として時間依存密度汎関数理論(TDDFT)に基づく核融合・核分裂・核子移行反応過程の研究、および応答関数計算を行った。対相関を扱うことのできるスキーム (TDHFB) によるこのような計算はまだ行われたことがなく、今回まだ比較的軽い系ではあるが、中性子の対凝縮状態が現れる ^{20}O の原子核の融合反応に関する研究が進展した。対凝縮状態の場合には、衝突係数に加えてゲージ角依存性があるために、一つの衝突係数に対して複数のシミュレーション計算を行う必要がある。調和振動子基底とラグランジェ格子を混合したアプローチによって、**head-on collision** の場合について数値計算を実行した。これにより、**preliminary** な段階ではあるが、これまで知られていなかった核融合反応のゲージ角依存性が明らかになってきている。



また、断熱近似を用いて核融合・核分裂反応経路を微視的に決定する計算にも大きな進展があった。 ^8Be が 2つの α 粒子に分裂するという最も簡単なケースではあるが、分裂経路を外から持ち込む仮定を排除した非経験的計算によって、微視的かつ自己無撞着に決定することに成功した。右図は、この計算で得られた分裂経路にお

けるポテンシャルエネルギーを表している。質量パラメータも微視的に決定することができ、2つの α 粒子が接触しているときには比較的大きな質量を示唆しているが、遠方では換算質量である $2m$ (m は核子質量)に収束することが示された。

3. 学際共同利用として実施した意義

原子核の核子移行反応、特に2核子移行反応においては、古くから超伝導状態でのトンネル現象であるジョセフソン効果と類似した効果に興味を持たれている。このプロセスには対相関の静的・動的過程が本質的であるが、これを満足のいく形で取り扱いつつながら衝突現象を扱った計算は、未だなされていない。本研究で計画している調和振動子・ラグランジェ格子を混合したアプローチは、そのような計算を初めて試みようとしたものである。この計算を実現することで、核子移行反応に対する理論に質的な進展が期待できる。また、核分裂機構の微視的解明は原子核理論の長年の課題でありながら、まだ解決には至っていない。そこでは核子超流動性が本質的な役割を果たすと考えられており、本研究では、自発核分裂のダイナミクスをTDDFT理論に基づき微視的に記述することを目指しており、世界に先駆けた挑戦的課題である。どちらの課題も大規模な数値計算を必須としており、学際共同利用を用いてこれらの課題の第一歩を踏み出すことができたことには、大きな意義がある。

4. 今後の展望

これまでの成果を基に、物理的興味がより大きな系への適用を進める。計算規模としても大きくなるが、アルゴリズムの改良によってこれをミニマムに抑えて行く。一つは、反応経路の微視的決定に必要な線形応答計算部分における有限振幅法の利用であり、これに最適な反復法を現在模索している。この結果次第では、現在の計算量を数分の一以下に抑えることが可能であると考えている。

5. 成果発表

- (1) 学術論文 7編
- (2) 学会発表 27件、うち12件は招待講演
- (3) その他

これらの詳細については、様式2を参照。

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース*
HA-PACS		
HA-PACS/TCA		
COMA	○	1000
※配分リソースについては32node換算時間をご記入ください。		