

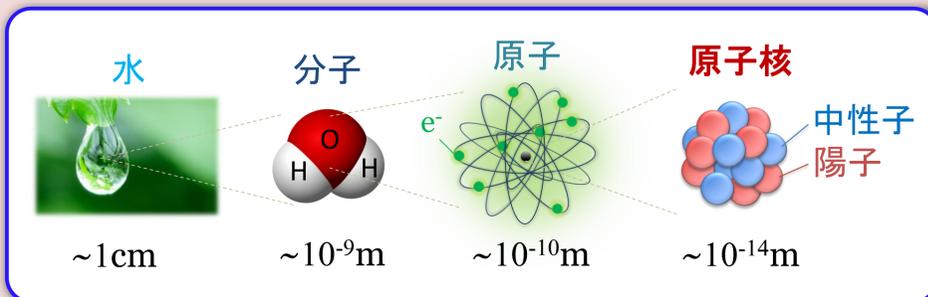
# 時間依存密度汎関数理論に基づく原子核ダイナミクスの研究

橋本 幸男<sup>A,B</sup>, 関澤 一之<sup>C</sup>, 矢花 一浩<sup>A,B</sup>  
 P. Magierski<sup>C</sup>, G. Wlazłowski<sup>C</sup>, J. Grineviciute<sup>C</sup>

筑波大学 計算科学研究センター<sup>A</sup>  
 筑波大学大学院 数理物質科学研究科<sup>B</sup>  
 ワルシャワ工科大学<sup>C</sup>

## 我々の興味: 原子核の量子多体ダイナミクス

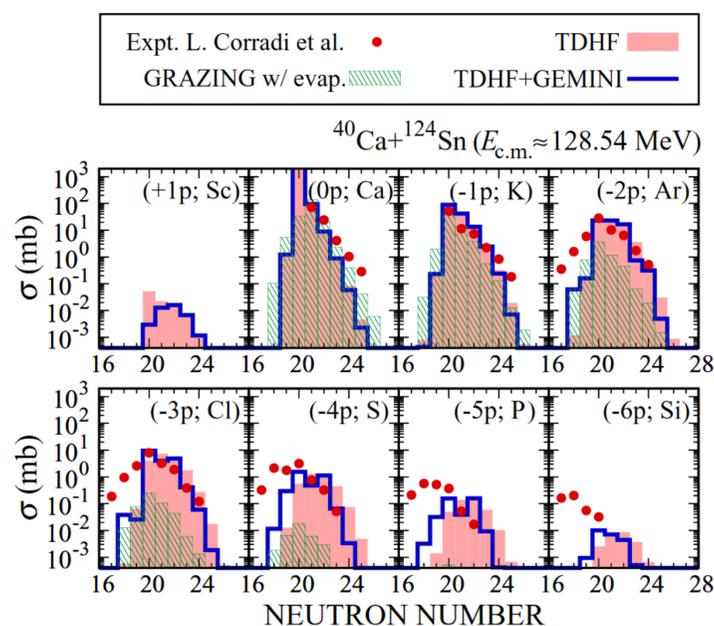
原子核は核子(陽子・中性子)から成る小さな( $\sim 10^{-14}\text{m}$ )物体です。原子核は、核力で自己束縛した非相対論的量子多体系と見ることができます。私たちは、時間依存密度汎関数理論(Time-Dependent Density Functional Theory: TDDFT)に基づいた大規模並列計算により、原子核ダイナミクスを理解することを旨とし、研究を進めています。



## 統計モデルによる脱励起を考慮に入れた生成断面積の評価

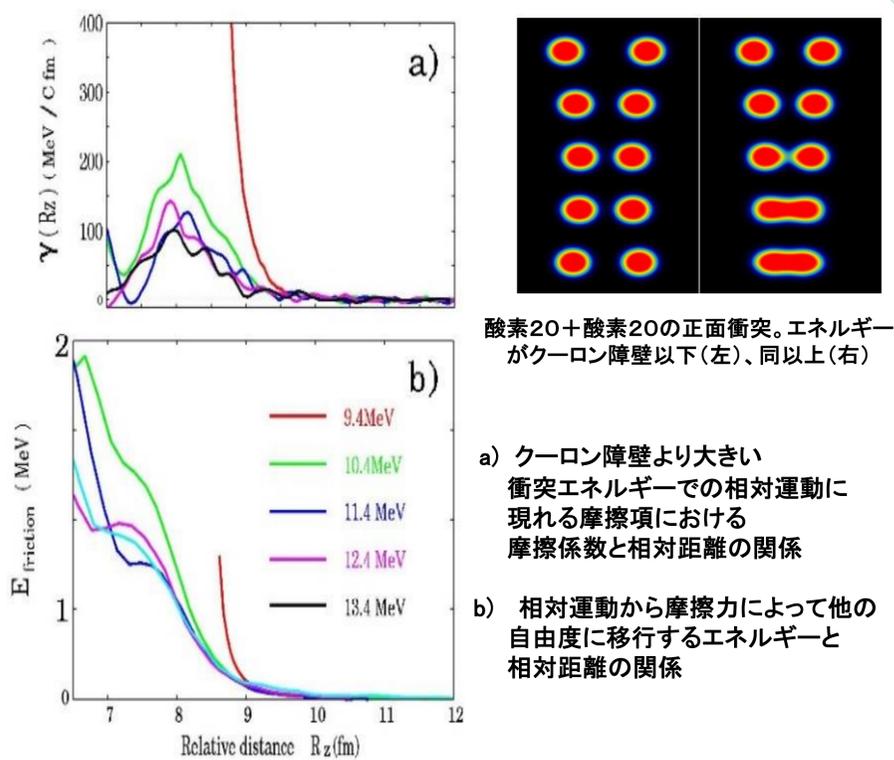
低エネルギー原子核衝突では、多核子移行反応と呼ばれる非平衡輸送過程が起こることが知られています。多核子移行反応は、近年、不安定な原子核を生成する手段として注目を浴びています。私たちは、TDDFTに基づいた微視的シミュレーションにより、反応機構を明らかにし、未知の不安定核を生成する方法を提案することを目指して研究を進めています。本年度には、より定量的に断面積を予言するために、TDDFT計算によって得られた情報に基づき、統計モデルを用いて励起した原子核の脱励起を考慮に入れた断面積を評価する枠組みを構築しました。右図には、 $^{40}\text{Ca}+^{124}\text{Sn}$ 反応の断面積の実験データ、および、広く使われている半古典理論計算の結果との比較を示しています。このように、経験的なパラメータを含まない微視的な計算によって、多核子移行反応の断面積の定量的な記述が得られました。現在は、未知の不安定核を生成する最適な反応条件を予言することを目指し、系統的なシミュレーションを進めています。

$^{40}\text{Ca}+^{124}\text{Sn}$ 反応における軽い放出核の生成断面積



K. Sekizawa, Phys. Rev. C **96**, 014615 (2017).

## 超流動原子核の衝突の微視的シミュレーション



酸素20+酸素20の正面衝突。エネルギーがクーロン障壁以下(左)、同以上(右)

- a) クーロン障壁より大きい衝突エネルギーでの相対運動に現れる摩擦項における摩擦係数と相対距離の関係
- b) 相対運動から摩擦力によって他の自由度に移行するエネルギーと相対距離の関係

原子核において、その基底状態から励起状態に至るまでの性質を決める重要な核内相関に**対相関**があります。対相関が働いている原子核は超伝導(超流動)状態にあり、そのような原子核のダイナミクスは、時間依存ハートレーフォック・ボゴリユボフ(TDHFB)方程式によって時間依存平均場の枠内で記述されます。我々は、空間格子(ラグランジュ(Lagrange)格子)と調和振動子基底を組み合わせ、TDHFB方程式を直接解き、超流動原子核の正面衝突のシミュレーションを行いました。**左図右側**は、酸素20同士の正面衝突の様子です。クーロン障壁より大きいエネルギーの正面衝突において相対運動の摩擦係数(**左図 a)**)と、摩擦により移動したエネルギー(**左図 b)**)を求めました。このような巨視的な量に対相関を考慮しつつ求めることができたので、より多くの超流動原子核の組み合わせにおける系統性を明らかにする計算につなげていきます。