

AMDによる対称核分裂成分の全運動エネルギーの研究

Total kinetic energy of symmetric fission components studied by AMD

*陳 敬徳¹, 張 旋¹, 小野 章², 石塚 知香子¹, 千葉 敏¹¹東京工業大学, ²東北大学

反対称化分子動力学 (AMD) モデルを使い、アクチノイド領域核の基底状態に対称ブーストを施すことにより、対称核分裂成分における分裂片の全運動エネルギー (TKE) を計算し、計算精度や分裂機構について考察した。特に分裂核の $Z^2/A^{1/3}$ 依存性を調べ、実験値やランジュバン模型の結果との比較を行った。AMD の計算結果は実験値及びランジュバン計算結果より平均 TKE の $Z^2/A^{1/3}$ 依存性が小さく、ウラン領域では殻効果の影響を受けていないと考えられる対称分裂成分が $Z^2/A^{1/3}$ の増加とともに殻効果を受けている可能性が示唆された。

キーワード: 反対称化分子動力学, 核分裂, 分裂片全運動エネルギー, 全運動エネルギー, 殻効果

1. 緒言

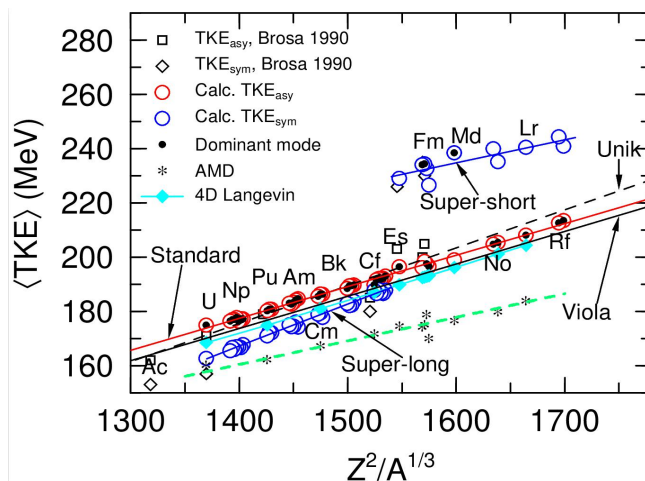
核分裂過程は、原子力発電から核廃棄物処理、さらには天体核物理まで様々な領域で重要となる原子核反応であるが、複合核から進行する原子核変形の進化、ネックの形成と断裂に至る部分については物理的理解が十分に進んでおらず、核分裂片のアイソトープ分布やスピン分布を合理的に推定する方法はない。また、実験データがない領域では、堅牢かつ予測可能な微視的な立場から理解できる理論が必要とされている。我々は、AMD[1]という有限核子集団の量子効果を取り込んだ分子動力学模型で核分裂を記述しようと試みている。本研究では、前回紹介した Boost モデルのさらなる拡張を行い、計算結果の解析を行った。

2. 手法

Boost モデルとは微視的核子多体系を分裂方向に強制的に変形させる手法であり、Bonasera[2]らや Goddard[3]らの手法と同じく、基底状態の原子核を elongation 方向に変形させるための運動量を与え、誘起核分裂の過程を模擬する方法である。今回は、前回の拡張として、まず Boost をかけた直後の原子核全体の全軌道角運動量を 0 にし、回転を止めた状態からブーストさせることとした。また、このモデルの与えるスピンがどの程度正しいかを判断するために AMD 波動関数に対して角運動量射影を行う手法を開発した。これによって、核分裂によってできるフラグメントのスピン分布などを原理的には計算できるようになった。しかし、⁴⁰Ca 程度までの軽い二重魔法核については基底状態において 0⁺ の確率が支配的であることが分かったが、²³⁶U では基底状態のスピンが正しく記述できていないことが分かり今後の課題である。

3. 結論

右図[4]に AMD の計算結果 (* 及び緑の破線) を実験値 (非対称成分□、対称成分◇) 及び 4 次元ランジュバンの結果 (○) 及び液滴成分のみに基づくランジュバン計算結果 (水色◇) と共に示す。AMD の結果は Ac 及び U 領域の対称成分の平均 TKE を良く再現できているが、分裂核の $Z^2/A^{1/3}$ の増加に伴う傾きが実験値及びランジュバン計算の結果より小さくなっている。平均 TKE の値が小さいのは励起エネルギーの違いによるものと解釈できるが、傾きの違いは殻効果の影響の違いのためと思われる。AMD 計算では分裂核に 300MeV 程度の励起エネルギーを持ち込む必要があり全体的に液滴的な性質を記述しているものと考えられる。また今回の計算で用いた有効核力にスピン核軌道力 (LS 項) がないことも影響している可能性もある。



参考文献

- [1] A. Ono et al., Progress of Theoretical Physics 87, 1185–1206 (1992)
 [2] Aldo Bonasera et al., Physical Review Letters 78, 2, (1997)
 [3] Philip Goddard et al., Physical Review C 93, 014620 (2016)
 [4] Mark Dennis Usang., <https://d-nb.info/1179899997/34>

*Jingde Chen¹, Xuan Zhang¹, Akira Ono², Chikako Ishizuka¹, Satoshi Chiba¹¹Tokyo Tech., ²Tohoku Univ.