

時間依存密度汎関数法による重イオン反応の研究

Time-Dependent Density Functional Study of Heavy-Ion Reactions

関澤 一之

新潟大学 研究推進機構 超域学術院

1. 研究目的

低エネルギー重イオン反応は、衝突する原子核の構造とダイナミクスが密接に関わり合う複雑な量子多体ダイナミクスであり、様々な反応過程を微視的に記述することは、原子核反応論における重要かつ困難な課題の一つです。本研究プロジェクトは、原子核の構造と反応を統一的な枠組みで微視的に記述することができる時間依存密度汎関数法 (Time-Dependent Density Functional Theory: TDDFT) を用いた重イオン反応の研究を推進させることを目指したものです。特に、本プロジェクトの実施期間には、重イオン反応における対相関や揺らぎの効果についての理解を深化させることを目的としています。

2. 研究成果の内容

本年度には、TDDFTによる微視的な反応計算から原子核間ポテンシャルや散逸係数等の巨視的な物理量を抜き出す方法を、非正面衝突の場合に拡張し、並列計算コードに実装しました。これにより、原子核反応におけるエネルギー散逸 (摩擦) の情報を、微視的な計算に基づいて評価することが可能となりました。また、確率論的平均場理論 (Stochastic mean-field theory) と呼ばれる、重イオン反応の初期条件にランダムな揺らぎを導入する方法を並列計算コードに実装しました。そして、これらの並列計算コードを用い、低エネルギー重イオン反応の分析を行いました。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

本学際共同利用プロジェクトを通じた共同研究により、並列計算コードの拡張が実現されました。今後の応用に続く、意義のある成果であると考えています。

4. 今後の展望

今後は、原子核を構成する核子の超伝導性・超流動性 (対相関) を記述できるように理論的枠組みを拡張し、エネルギー散逸と対相関の関係性を明らかにすることを目指します。

5. 成果発表

(1) 学術論文

1. K. Sekizawa and S. Ayik, Quantal diffusion approach for multinucleon transfer processes in the $^{58,64}\text{Ni}+^{208}\text{Pb}$ reactions: Toward the production of unknown neutron-rich nuclei, *Physical Review C* (submitted).
2. K. Washiyama and K. Sekizawa, TDHF and a Macroscopic Aspect of Low-Energy Nuclear Reactions, *Frontiers in Physics*, Vol. **8**, p. 9 (2020).
3. S. Ebata, Studies on nuclear structure and nuclear dynamics using Cb-TDHF, *Frontiers in Physics*, Vol. **8**, p. 102 (2020).

(2) 学会発表

1. K. Sekizawa, Time-Dependent Hartree-Fock Theory and Its Extensions for Low-Energy Nuclear Reactions: Recent Progress, The 64th DAE-BNRS Symposium on Nuclear Physics, Lucknow, India, 2020 12/23 - 12/27.
2. K. Sekizawa, Time-Dependent Density Functional Theory and Its Extensions for Nuclear Dynamics, International Workshop on "New Generation Nuclear Density Functionals", Beijing, China, 2019 11/18-11/22.
3. K. Sekizawa, Time-Dependent Hartree-Fock Theory and Its Extensions for the Superheavy Element Synthesis, Heavy Ion Accelerator Symposium on Fundamental and Applied Science (HIAS2019), Canberra, Australia, 2019 9/9-9/13.
4. K. Sekizawa, K. Hagino, and A. Wakhle, Time-Dependent Hartree-Fock Theory and Its Extensions for the Superheavy Element Synthesis, The 4th International Symposium on Superheavy Elements (SHE2019), Kanagawa, Japan, 2019 12/1 - 12/5.
5. K. Sekizawa, Time-Dependent Hartree-Fock Theory and Its Extensions for the Superheavy Element Synthesis, YITP international molecule-type workshop on "Nuclear Fission Dynamics 2019", Kyoto, Japan, 2019 10/26 - 11/8.
6. K. Sekizawa, Time-Dependent Hartree-Fock Theory and Its Extensions for Low-Energy Heavy-Ion Reactions, China-Japan Collaboration Workshop on "Nuclear Mass and Life for Unraveling Mysteries of R-process", Beijing, China, 2019 10/9 - 10/13.
7. K. Washiyama, Fusion and fission dynamics with density functional theory, Japan-France joint workshop on "Clusters in quantum systems from atoms to nuclei and hadrons", Fukuoka, Japan, 2020 1/27-1/31.

8. K. Washiyama, Heavy-ion fusion and fission dynamics relevant to the synthesis of superheavy elements, RIBF Week 2019, Wako, Japan, 2019 9/2-9/4.
9. K. Washiyama, Collective inertia along the fission path from Skyrme-QRPA, the 4th International Symposium on Superheavy Elements (SHE2019), Hakone, Japan, 2019 12/1-12/5.
10. K. Washiyama, Toward reliable framework for collective inertia along fission path, China-Japan Collaboration Workshop on ``Nuclear Mass and Life for Unraveling Mysteries of R-process'', Beijing, China, 2019 10/10-10/12.
11. K. Washiyama, T. Nakatsukasa, Excitation modes and collective mass from Skyrme energy density functional, 27th International Nuclear Physics Conference (INPC2019), Glasgow, UK, 2019 7/29-8/2.
12. 江幡 修一郎, 奥村 森, 石塚 知香子, 千葉 敏, 微視的理論計算で導出する Pu-240 核分裂片の荷電偏極, 日本原子力学会 2019 年秋の大会, 富山, 2019 9/11 - 9/13.
13. S.Ebata, S.Okumura, C.Ishizuka, S.Chiba, Charge polarization of fission products deduced from the microscopic calculation, The international workshop on nuclear physics for astrophysical phenomena, Tokyo, Japan, 2019 10/23 - 10/25.
14. S.Ebata, S.Chiba, F. Ivanyuk, V. Litnevsky, Theoretical study on Z=120 super-heavy element synthesis with time-dependent mean-field models, YITP international molecule-type workshop on "Nuclear Fission Dynamics 2019", Kyoto, Japan, 2019 10/28 - 11/8.
15. 江幡 修一郎, 奥村 森, 石塚 知香子, 千葉 敏, 時間依存平均場計算で導出する U-236 核分裂片の荷電偏極, 日本原子力学会 2020 年春の年会, 福島, 2020 3/16 - 3/18.

(3) その他

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース*	
		当初配分	追加配分
Cygnus			
Oakforest-PACS	○	10,000	
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			