

反対称化分子動力学と PHITS による重粒子線癌治療のための 中間エネルギー領域のベンチマーク比較

Intermediate energy benchmark comparison of Antisymmetrized Molecular Dynamics and PHITS
for heavy ion cancer therapy

*向原 悠太¹, 稲倉 恒法¹, 小野 章², 千葉 敏³, 片渕 竜也¹, 石塚 知香子¹

¹東京工業大学, ²東北大学, ³NAT

重粒子線癌治療では、体内で発生する重イオン核反応により生成される粒子の予測精度が極めて重要である。我々のこれまでの研究により、炭素入射反応における平均場依存性が、特に前方に放出される粒子の断面積において顕著であることが明らかになった。そこで本研究では、62 MeV/u の炭素入射反応を例に、前方に放出される生成粒子の断面積を反対称化分子動力学と PHITS で計算する。

キーワード： 反対称化分子動力学, 粒子生成, 平均場, 2 核子衝突, 核データ

1. 緒言

重イオン反応断面積は重粒子線癌治療といった応用面でも広く用いられており重要視されている観測量である。しかし、軽イオン反応と比べ反応機構が複雑なために標準的なモデルが確立されていない。そのため反応系に応じて様々なモデルが用いられる。本研究で用いる反対称化分子動力学[1](AMD)は重イオン反応で重要な平均場の効果と二核子衝突が含まれた優れたモデルである。これまでの我々の研究[2]から、AMD による ^{12}C 入射反応断面積は平均場依存性を持つことがわかってきた。この依存性は特に前方で大きいことが明らかとなったため、前方角での平均場依存性の比較を行った。また、AMD によって得られた断面積と実験値[3]および PHITS[4]計算による断面積の比較を行った。

2. 手法とまとめ

本研究では Napoli らの実験値[3]との比較を行うため、62 MeV/u の $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ 反応を AMD と PHITS で計算した。AMD では摩擦冷却法で作成する初期配位にクラスターの様相が強く現れることがある。そのため、5 種類の平均場モデルに対して各 10 パターンの初期配位を用意し、基底状態近傍のエネルギーの ^{12}C を作成した。作成した ^{12}C を用いて、100,000 イベントの衝突計算を行い、断面積を求めた。統計崩壊後に得られた ^4He の二重微分断面積を図 1 に示す。図より内部で QMD が用いられている PHITS よりも、AMD は前方に行くほどピーク位置が実験値をよく再現することがわかった。また、平均場依存性については、定量的には差が生じているが、定性的な様相には影響が小さいことが明らかとなった。

参考文献

[1] A.Ono et al., Phys. Rev. Lett. **68**, 2898 (1992). [2] Y.Mukobara et al., J. Nucl. Sci. Technol. 61, 206 (2024). [3] M.D.Napoli et al., Phys. Med. Biol. 57, 7651 (2012). [4] T.Sato et al., J. Nucl. Sci. Technol. 55, 684 (2018).

*Yuta Mukobara¹, Tsunenori Inakura¹, Akira Ono², Satoshi Chiba³, Tatsuya Katabuchi¹ and Chikako Ishizuka¹

¹Tokyo Tech, ²Tohoku Univ., ³NAT

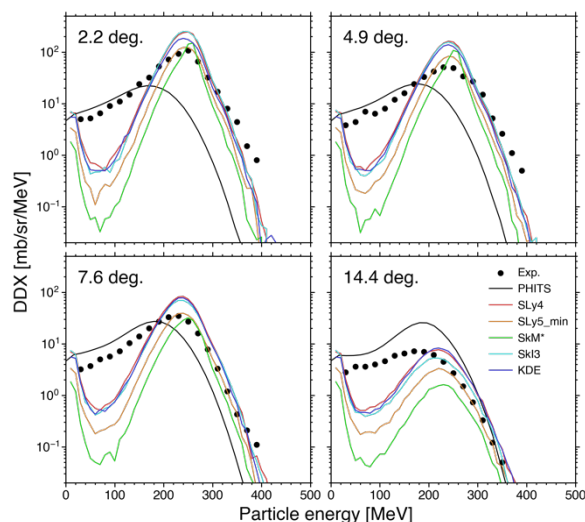


図 1. 62 MeV/u の $^{12}\text{C}(^{12}\text{C}, ^4\text{He})$ 反応における二重微分断面積。