HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	微視的反応理論による中高エネルギー原子核反応の研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	槇口, 雄仁
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第16249号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95324
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Katsuhito_Makiguchi_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（理　学）　氏　名　　槇　口　雄　仁

学 位 論 文 題 名

微視的反応理論による中高エネルギー原子核反応の研究

原子核衝突による全反応断面積とは、非弾性散乱が起きる確率を表す物理量である。全反応断面積は、原子核の密度分布を反映しており、弱く束縛した中性子が原子核の周囲を回っている中性子ハロー核や 2 クラスター構造を取る原子核といった不安定核の大きさや構造の特徴を調べるための指標となっている。全反応断面積に関連した以下の 3 つの研究を行った。

1. 電子や陽子を用いた散乱実験による全反応断面積の観測がされてきたが、反陽子散乱についてはその有用性はあまり知られていない。反陽子−核子散乱の全断面積は陽子−核子散乱の数倍程度あり、反陽子散乱は散乱とは異なった性質を示すことが期待される。そこで、反陽子−原子核散乱を Glauber 模型で記述することを試みた。反陽子−原子核散乱の全反応断面積を計算し、陽子散乱と比較しながら解析することにより、陽子散乱が中心密度の 1/10 程度の密度領域まで調べることができるのに対し、反陽子散乱は 1/100 程度の密度領域まで感度があることが分かった。
中性子ハロー核の密度分布を例に、反陽子散乱の原子核密度分布研究に対する有用性を議論する。
2. 全反応断面積から核の大きさが比例関係を持っているという考えは、原子核衝突が完全吸収の黒球模型に近似できるという仮定のもとで成り立っているが、衝突する原子核同士の重なりが小さいところでは、吸収が不完全となる場合がある。そこで、原子核散乱における不完全吸収反応について調べた。Glauber 模型を用いて^{12}C - 原子核散乱や陽子 - 原子核散乱の反応率を計算し、吸収の不完全性を定量化した。また、不完全吸収反応によって起きる現象の例として、炭素同位体の陽子過剰核の^{12}C散乱や陽子散乱の全反応断面積を取り上げ、原子核半径の増加が必ずしも断面積の増加に繋がらないことを示した。
3. 原子核 - 重陽子散乱による全反応断面積は、同じ原子核による陽子散乱と中性子散乱の全反応断面積の和よりも小さくなることが知られている。
この現象は、蝕効果と呼ばれる、一つの核子またはクラスターが、もう一方の核子またはクラスターの影に隠れることで、断面積に欠損が生じる効果によるものであると考えられる。そこで、2 クラスター原子核の蝕効果について調べた。^{8}Be(^{4}He + ^{4}He)や^{44}Ti(^{40}Ca + ^{4}He)といった 2 クラスターの構造を取る原子核について、全反応断面積を計算し、それぞれのクラスターでの散乱の断面積の和と比較し、断面積の減少を確認した。
2 クラスター原子核のクラスター間距離について、その波動関数を変化させて断面積の減少度がどのように変化するかを調べた。また、その結果を、2 クラスター原子核を古典的な 2 つの剛体球とみなした場合の全反応断面積の結果と比較することにより、蝕効果の有無およびその性質について議論した。

今回の研究を通し、原子核反応の全反応断面積を用いた原子核構造研究について調べた。
陽子、^{12}Cなどの原子核、反陽子など、原子核散乱に用いる入射粒子によって反応の強さが変わり、反応の不完全性も異なる。それによって全反応断面積や、全反応断面積の原子核半径や粒子数に対する関係性にも違いが生じるので、それらの入射粒子を用いた反応を比較することで、ハロー原子核の外縁部の密度や、クラスター原子核のクラスター間距離といった、不安定核の構造の理解に繋がることが期待される。