

閾値付近におけるクラスター構造

Cluster structures near threshold energies

谷口 億宇
香川高等専門学校

1. 研究目的

原子核の励起状態に存在するクラスター構造 (核が複数の部分系に別れた構造) の性質解明を目的とした。特に、天体现象に重要な、閾値近傍に現れる分子共鳴状態の性質を実証的に解明することを目指した。

2. 研究成果の内容

(1) ^{48}Ti の基底状態の著しく大きい α クラスタ形成確率

原子番号が 4 のベリリウムなど非常に軽い核や、 α 崩壊を起こす原子番号が 80 を超えるような大きい領域において、クラスター構造の発達はよく研究されている。一方で、その中間領域のクラスター形成確率の研究は進んでいなかった。原子番号 22 の ^{48}Ti からの α ノックアウト反応データを微視的構造理論及び核反応理論を用いて解析し、 ^{48}Ti の表面の α クラスタの形成確率が従来の予想よりも著しく高いことを示した。この成果は、学術論文で発表した。

(2) X 線スーパーバーストを引き起こす ^{24}Mg の共鳴状態

中性子星への降着物質が爆発する X 線スーパーバーストの引き金として、 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 核融合反応が有力視されている。共鳴状態は核融合反応を増大させるため、 $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ 閾値付近の共鳴状態の存在及びその崩壊様式は重要である。崩壊様式を理解には、多数あるチャネルの構造を取り込んだ微視的な研究が必要である。しかし、そのような研究は計算コストや高いこともあり、研究が進んでなかった。 ^{24}Mg の共鳴状態を、崩壊チャネルを微視的に扱って表し、低温の環境下でも ^{12}C 同士が核融合反応を起こせることを示した。この成果は国際研究会で発表するとともに、学術論文も準備中である。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

学際共同利用は上記の研究を遂行する上で主要な役割を果たした。今回報告した研究では、様々な構造を持つ波動関数の配位混合を扱ったが、そのためには多くの計算資源が必要であった。これは通常の計算機で実行することは現実的には不可能であり、学際共同利用での Oakforest-PACS を用いた大規模並列計算によって、はじめて可

能となった。

4. 今後の展望

天体現象で大きな役割を果たす核融合反応に重要な共鳴状態の性質を解明する。超新星やX線バーストで重要な $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$, $^{12}\text{C} + ^{16}\text{O}$ 核融合や、ケイ素燃焼過程で重要な反応に影響の大きい共鳴状態を調べる。今回、 ^{48}Ti や ^{24}Mg の構造研究で用いた手法や計算プログラムを応用する。

5. 成果発表

(1) 学術論文

- ① Yasutaka Taniguchi, Kazuki Yoshida, Yohei Chiba, Yoshiko Kanada-En'yo, Masaaki Kimura, and Kazuyuki Ogata, “Unexpectedly enhanced α -particle preformation in ^{48}Ti probed by the $(p, p\alpha)$ reaction”, Phys. Rev. C 103, L031305 (2021). <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.103.L031305>

(2) 学会発表

- ① 谷口億宇 「爆発天体現象に関する分子共鳴状態」原子核における多様な共鳴現象とそれを探る反応機構
- ② 木村真明 「実時間発展法による炭素12のE1励起の探求」原子核における多様な共鳴現象とそれを探る反応機構
- ③ 木村真明 “Study of the carbon burning process by the alpha knockout reactions”, 第5回クラスター階層領域研究会
- ④ 木村真明 「反対称化分子動力学による光核励起断面積の理論計算」日本物理学会秋季大会
- ⑤ 谷口億宇, 木村真明 「変形クラスターを含む系での部分角運動量射影の近似的手法」日本物理学会秋季大会
- ⑥ 谷口億宇, 吉田数貴, 千葉陽平, 金田佳子, 木村真明, 緒方一介 「中質量核 ^{48}Ti の基底状態の表面に発達する α クラスター構造」日本物理学会年次大会
- ⑦ 谷口億宇, 木村真明, “ $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ resonances in explosive astrophysical phenomena”, Physics in resonant reaction induced by low-energy RI beam

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	○	50000	
※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。			