

## 核クラスターの第一原理計算

Ab initio calculation of nuclear clusters

青山茂義  
新潟大学

### 1. 研究目的

自然は、構成粒子が集まったシステムとして一つのユニット（クラスター）を作り、それを構成粒子として、また、新たなシステムを作るという階層構造を持つ。例えば、核子は、クォーク 3 体系として生成され、原子核は核子多体系として生成され、更に、原子は原子核と電子の多体系として生成される。原子核は、核子の多体系として考えられているが、実際には、 $\alpha$  核等のクラスター多体系として見た方が、自然をうまく記述できる場合も多い。

近年、活発に研究が行われてきている原子核として、 $^{11}\text{Li}$  核や  $^{12}\text{C}$  核の励起状態などがある。これらは、 $^9\text{Li}+n+n$  や  $\alpha+\alpha+\alpha$  の三体クラスター模型を用いることにより、基本的な性質については、ある程度の説明が可能であるが、定量的には任意性も大きい。 $^{11}\text{Li}$  に関しても、ハロー構造を持つ原子核として興味を集め、最も研究が集中している原子核の一つである。しかしながら、発見から 30 年以上たった現在でも、未だにすっきりとした理解が得られていない。多くの研究では、計算の容易さから、 $^9\text{Li}+n+n$  の三体模型を用いるが、 $^9\text{Li}$  クラスターという無理が大きい仮定をしており、そもそも、三体近似が破綻している可能性が高い。また、Li アイソトープには、 $^7\text{Li}$  という原子核系における最も代表的なクラスター ( $\alpha$  と t の二体系) 原子核がある。そのため、 $^9\text{Li}$  は、一つのクラスターユニットではなく、 $\alpha+t+n+n$  の四体クラスター構造を持つと考えるのが自然である。また、更に、中性子数が 2 個多い  $^{11}\text{Li}$  は、 $\alpha+t+n+n+n+n$  の六体クラスター構造を持つ可能性が高い。そこで、本申請課題では、 $^{11}\text{Li}$  を無理の大きい三体構造ではなく、 $\alpha+t+n+n+n+n$  の六体構造を持っているという視点で分析を行う。また、 $^{12}\text{C}$  の Second  $0^+$  状態は、 $\alpha$  クラスターが三つからなる構造を持つと考えられており、12 以上重い元素生成に重要な反応である。しかしながら、基底状態は、クラスターというよりはシェル構造を持っていると考えられている。そのため、 $^{12}\text{C}$  の分析には、 $\alpha$  クラスターが三つという単純なモデルではなく、12 核子系の多体問題として解く必要が有る。本研究では、核力第一原理からはじめて、原子核のクラスター構造を明らかにしていくことが目的である。

2. 研究成果の内容

1 1核子系という観点から、 $^{11}\text{Li}$  の  $\alpha+t+n+n+n+n$  の六体クラスター構造の分析をした。その結果、 $^{11}\text{Li}$  は1 1核子系ではあるが、その中の4核子（陽子2個と中性子2個）が  $\alpha$ （アルファクラスター）というユニットを作り、3核子（陽子1個と中性子2個）が  $t$ （トライトンクラスター）というユニットを作り、6体系の構造を持つことが分かった。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

学際共同利用の高速な計算機を用いることにより、大規模数値計算が可能な計算コードの開発を行った、これにより、 $^{11}\text{Li}$  の  $\alpha+t+n+n+n+n$  の六体クラスター構造が明らかになった。Oakforest-PACS 計算機を利用していなければ、実現困難であったことが予想されるので、大きな意義があった。

4. 今後の展望

$^{11}\text{Li}$  の  $\alpha+t+n+n+n+n$  構造に関して、論文発表を行う予定である。また、同じ計算コードで、 $^{12}\text{C}$  の3  $\alpha$  構造の分析等を進め、核クラスターの出現機構を明らかにしていく。

5. 成果発表

(1) 学術論文

なし

(2) 学会発表

なし

(3) その他

“Ab initio calculation of nuclear clusters”, S. Aoyama CCS International Symposium2019.

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	○	225,000	
※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。			