

研究責任者名 Name	木村真明	所属機関 Affiliation	北海道大学理学部
受理番号 Proposal No.	大型 12/13-08	研究課題名 Program title	反対称化分子動力学による核変形共存現象とクラスター ー相関の研究

研究を終了しましたので、下記の通り報告します。

成果の概要

Abstract

(和文)

KEK システム B を使用し、反対称化分子動力学を用いて核構造計算を行なうことで、原子核での変形共存の研究を実施した。まず、励起スペクトルを調べることで、S 同位体および  $^{24}\text{Mg}$ ,  $^{56}\text{Ni}$  の励起状態に見られる変形共存現象やクラスター現象を明らかにした。特に  $^{43}\text{S}$  では、魔法数の消失に伴って、3 つの異なる変形状態が共存することを大規模数値計算によって初めて示した。さらに、構造計算によって得た波動関数を元に、ハイパー核の構造計算を行い、 $^{25}\Lambda\text{Mg}$  核の構造を明らかにした。また、核反応評価に必要な遷移密度行列および重なり波動関数を導出し、それらを元に、Ne 同位体の反応断面積評価を行なった。

(英文)

Using the system B at KEK, we have performed nuclear structure calculation based on the antisymmetrized molecular dynamics, and investigated the shape coexistence phenomena. We have studied the shape coexistence and clustering in the excited states of S isotopes,  $^{24}\text{Mg}$  and  $^{56}\text{Ni}$ . In particular, we have firstly found the shape coexistence of three different deformed state in the  $^{43}\text{S}$ . Using the wave function obtained by the structure calculation, we also investigated the structure of the hypernucleus  $^{25}\Lambda\text{Mg}$ . Furthermore, we have calculated the transition densities and overlap functions which are essential for the evaluation of the nuclear reaction. Using those output, we have performed the analysis of the nuclear reaction cross section of Ne isotopes.

研究成果を公開しているホームページアドレス

研究成果の 公表	口頭研究発表 件数	査読つきの 学術論文数	プロシーディング 論文数	その他 (投稿中を含む)
	5	0	0	

成果の公表リスト（それぞれの枠に番号をつけて記入願います。）

口頭研究発表 Presentations at scientific meetings concerning the program	
1.	M. Kimura, "Collective motions and exotic deformations in neutron-rich nuclei", Third International Symposium on Frontiers in Nuclear Physics, Beihang University, Beijing China. Nov1-3, 2012.
2.	千葉陽平, 木村真明, "2重閉殻核 $^{56}\text{Ni}$ における変形共存", 日本物理学会第68回年次大会, 3月28日, 2012.
3.	M. Kimura, "Shape Coexistence and Non-Yrast States in Neutron-Rich N $\sim$ 28 Isotopes", The 12 <sup>th</sup> Asia Pacific Physics Conference. Jul. 14-19, 2013.
4.	木村真明 "中性子過剰 N $\sim$ 28 同位体における、非軸対象変形と変形共存", 日本物理学会2013年秋季大会 9月20-23日, 2013.
5.	千葉陽平, 木村真明, "AMD と SU(3)対称性に基づいた拘束による $^{13}\text{C}$ の $3\alpha+n$ クラスタ構造の研究", 日本物理学会2013年秋季大会 9月20-23日, 2013.

査読付きの学術論文(雑誌名等には 巻、頁、発表年を記載) (\*) 不足する場合には追加願います。

Refereed Journal Articles (name of journal, volume, page, year)

1	著者名 Author	
	タイトル title	
	雑誌名 name of journal	
	URL	
2	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	

プロシーディング論文(雑誌名等には 巻、頁、発表年を記載) (\*) 不足する場合には追加願います。

International Conference Proceedings (name of journal, volume, page, year)

1.	著者名 Author	
	タイトル title	
	雑誌名等 name of journal	
	URL	
2.	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	
3.	著者名	
	タイトル	
	雑誌名等	
	URL	

その他 (学位論文、紀要、投稿中の論文を含む) (URL を記載)

Others (thesis for a degree, bulletin, papers to be published, etc.)

1. URL:
2. URL:

特記 (本研究に関係した、新聞記事・著作、受賞など) (過去に遡っても構いません。)

Special Notes (newspaper article, literary works, awards, etc. )

1.	
2.	

## 大型シミュレーション研究・実施報告書

研究課題名: 反対称化分子動力学による核変形共存現象とクラスター相関の研究

### 1. 研究組織

研究責任者: 北海道大学・理学研究院・准教授 木村真明

研究従事者: 筑波大学・計算科学研究センター・研究員 谷口億宇

研究従事者: 松江工業高等専門学校・数理科学科・助教 須原唯広

### 2. 当該年度の実施報告

現在の核理論は、原子系よりはるかに強いスピン-軌道力を仮定することで成立しているが、魔法数 28 は、そのスピン-軌道力によって生ずる最も小さな魔法数である。しかし近年、中性子魔法数 28 を持つ中性子過剰な Si, S 同位体では魔法数 28 が消滅していることが示された。さらに魔法数 28 の消滅に伴い、陽子・中性子の 4 重極相関が強くなり、低励起状態に様々な変形をした状態が共存(変形共存)している可能性が強く示唆されており、強い関心を集めている。

それに対し本課題では、反対称化分子動力学法を用いた大規模数値計算を行なうことで中性子過剰な Si, S, Ar の低励起スペクトルの解析を行なった。低励起状態のスペクトル及び電磁気モーメント、遷移確率などの観測量を求め実験と比較すると同時に、魔法数 28 のエネルギーギャップの大きさ、基底・励起状態の変形の差異を示し、それにより、魔法数 28 の消滅の結果変形共存現象が起ることを示した。特に、 $^{43}\text{S}$  では、プロレート型、オブレート型、三軸非対称型の 3 つの異なる変形状態が極めて低い励起エネルギーに現れる事を示した(図 1)。

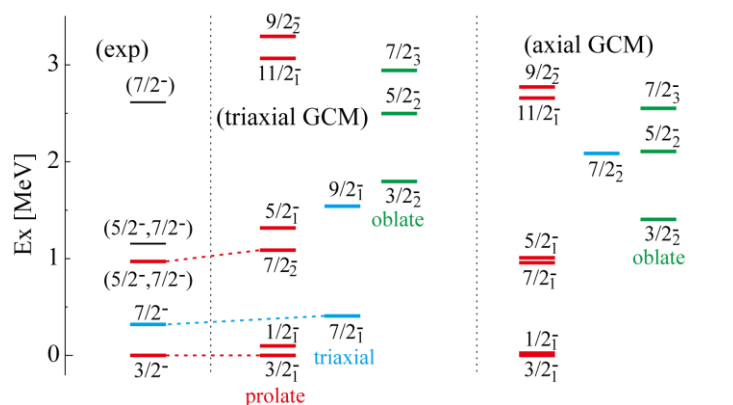


図 1:  $^{43}\text{S}$  の励起スペクトル。赤がプロレート型、青が三軸非対称型、緑がオブレート型に変形した状態を表す。左から実験、変形の空間的対称性を仮定しない数値計算、軸対称な変形を仮定した数値計算の結果。

さらに、こうした変形共存現象を示すためには、核反応実験との対応が必要となる。そのために反応断面積評価の際に必要な遷移密度を、反対称化分子動力学で得られた原子核の波動関数から直接決定する理論的枠組みおよび計算コードを作成し、中性子数が 28 に等しい isotone の遷移密度をデータベース化しつつある。このデータベースは web にて公開する予定である。

### 3. 口頭研究発表、発表論文、国際会議のプロシーディング論文など

1. M. Kimura, “Collective motions and exotic deformations in neutron-rich nuclei”, Third International Symposium on Frontiers in Nuclear Physics, Beihang University, Beijing China. Nov1-3, 2012.
2. 千葉陽平, 木村真明, “2 重閉殻核  $^{56}\text{Ni}$  における変形共存”, 日本物理学会第 68 回年次大会, 3 月 28 日, 2012.
3. M. Kimura, “Shape Coexistence and Non-Yrast States in Neutron-Rich  $N \sim 28$  Isotopes”, The 12th Asia Pacific Physics Conference. Jul. 14-19, 2013.
4. 木村真明 “中性子過剰  $N \sim 28$  同位体における、非軸対象変形と変形共存”, 日本物理学会 2013 年秋季大会 9 月 20-23 日, 2013.
5. 千葉陽平, 木村真明, “AMD と  $\text{SU}(3)$  対称性に基づいた拘束による  $^{13}\text{C}$  の  $3\alpha + n$  クラスター構造の研究”, 日本物理学会 2013 年秋季大会 9 月 20-23 日, 2013.
6. M. Kimura, Y. Taniguchi, Y. Kanada-Enyo, H. Horiuchi, K. Ikeda, “Prolate, oblate, and triaxial shape coexistence, and the lost magicity of  $N=28$  in  $^{43}\text{S}$ ”, Phys.Rev. C 87, 011301 (2013).
7. M. Kimura, N. Furutachi, Y. Taniguchi, Y. Kanada-Enyo, H. Horiuchi, “Clustering Aspects of Highly Excited States and Neutron-Rich Nuclei”, Prog.Theor.Phys.(Kyoto), Suppl. 196, 176 (2012).