

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K05430

研究課題名(和文) 複素スケーリングされた多体連続状態の特徴的性質

研究課題名(英文) Characteristic properties of complex-scaled many-body continuum states

研究代表者

加藤 幾芳 (Kato, Kiyoshi)

北海道大学・理学研究院・名誉教授

研究者番号：20109416

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：離合集散する核子多体系としての原子核における束縛状態、共鳴状態、各オープン・チャンネルの連続状態を統一的に記述する複素座標スケーリング法を用いて連続状態の特徴的性質を調べる新たな方法を構築した。その結果、複素座標スケーリング法では扱えなかった仮想状態(virtual state)が複素スケーリングされた連続状態を分析することによって、調べられることを示した。共鳴状態や様々な連続状態に分解した連続準位密度(Continuum Level Density)を用いて、散乱・反応断面積が分析できることを示した。これらの方法を用いて、 $A=9$ (${}^9\text{Be}$, ${}^9\text{B}$)の構造を調べた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、不安定核物理の研究の進展によって、ドリップ・ラインと呼ばれる核子放出限界近傍の弱束縛原子核の性質が調べられ、安定核領域から離れた不安定核の性質は安定核と大きく異なることが分かってきた。弱束縛系は僅かなエネルギーで分解し非束縛状態になることから、束縛状態と連続状態の結合が重要になると考えられ、不安定核の理論的研究にとって、束縛状態と同時に非束縛状態である連続状態を記述することが出来る新たな枠組みが必要不可欠になってきている。このような新たな枠組みとして、複素座標スケーリング法を用いた多体連続状態を記述する方法の研究は、不安定核物理の解明と理解にとって重要な役割を果たすと期待される。

研究成果の概要(英文)：We constructed a new method to investigate the characteristic properties of nuclear continuous states using the complex scaling method (CSM) that describes the bound states, resonance states and continuous states of each open channel in a nucleus. Using the new method, we have obtained the following results: (1) The virtual state, which could not be described as an isolated state by the CSM usually, can be investigated by analyzing the complex scaled continuous states. (2) It was shown that the scattering/reaction cross section can be analyzed using the resonance states and the density of states (Continuum Level Density) decomposed into various continuous states. (3) The structures of the $1/2^+$ virtual states, mirror states and the Thomas-Ehrman effect in $A = 9$ (${}^9\text{Be}$, ${}^9\text{B}$) nuclei were investigated.

研究分野：原子核物理学

キーワード：複素座標スケーリング法 多体共鳴状態 ${}^9\text{Be}$ 仮想状態 光分解反応 連続状態 不安定核

1. 研究開始当初の背景

1 - 1. 近年の不安定核物理の研究によって、安定核領域から離れたドリップライン(核子放出限界)近傍の弱束縛原子核の性質が調べられ、安定核の性質と大きく異なることが分ってきた。弱束縛系は僅かなエネルギーで非束縛状態になることから、連続状態との結合やそこでの様々な多体相関の解明が重要になることが認識されてきた(「不安定核の物理」, 中村隆司、共立出版、2016)。

このような不安定核の理論的研究にとって、多体系の束縛状態と同時に非束縛状態である連続状態を記述しうる枠組みの開発が不可欠であり、我々は有望な方法として複素座標スケールリング法に着目し、その開発を行ってきた。(レビュー論文:(1) Complex Scaling Method for Many-Body Resonances and Its Applications to Three-Body Resonances, S. Aoyama, T. Myo, K. Kato and K. Ikeda, Prog. Theor. Phys. **116**, (2006), 1-35. (2) Recent development of complex scaling method for many-body resonances and continua in light nuclei, T. Myo, Y. Kikuchi, H. Masui, K. Kato, Prog. Part. Nucl. Phys. **79** (2014), 1-56. (3) Complex scaling: Physics of unbound light nuclei and perspective, T. Myo and K. Kato, Prog. Theor. Exp. Phys. **12A101** (2020), 1-36.)

1 - 2. 海外においても、この方向の多くの研究が行われており、特に、T. Berggren は複素平面状で変形した分岐線上の連続状態を完全系の一部に取り入れた拡張された完全性関係を提案し(1968)、それに基づいたガモフ殻模型(Gamow Shell Model) がアメリカ、フランスを中心に精力的に展開されてきている。(Shell Model in the Complex Energy Plane, N. Michel, W. Nazarewicz, M. P.łoszajczak, and T. Vertse, J. Phys.G **36**, 013101 (2009).)

1 - 3. 弱束縛系では、束縛状態と非束縛状態(共鳴、連続状態)が強く結合すると考えられ、そのような結合を取り入れた束縛状態について多くの研究がなされてきた。一方、非束縛状態である連続状態にも束縛状態との結合の影響が現れると考えられる。例えば、中性子ハロー核のクーロン分解反応で閾値より少し高いエネルギーに際立ったピークが観測されるが、そのピークは共鳴状態ではなく、束縛状態のハロー構造によるものであると理解されてきた。⁹Be 核の光分解反応においても閾値近傍でピークが観測されており、そのピークは⁹Be 核の第1励起 1/2⁺状態に対応する共鳴状態であると理解されてきた。しかし、我々は S 波の中性子は共鳴状態を作らないので、S 波中性子の仮想状態であると指摘した。(「双極子分解反応断面積における敷地近傍のピークについて」、加藤、明、菊池、Odsuren, Takibayev、日本物理学会 2016 年春)

1 - 4. 多体共鳴状態の問題は、原子核だけでなくハドロン物理などの他の分野でも重要な課題として取り上げられてきており、複素座標スケールリング法に強い関心が寄せられている。

2. 研究の目的

複素座標スケールリング法は多体系の共鳴状態を求める優れた方法である。ただし、原理的に第4象限の複素エネルギー面上の共鳴状態であることや、実際の数値計算上の精度のため求められる共鳴状態は巾が小さい状態に限られる。この問題を克服することが本研究の重要な課題でもある。複素座標スケールリング法は連続状態を閾値ごとに分離し、離散化する。得られた共鳴状態と共に、複素座標スケールリングされた連続状態を調べることによって実エネルギー軸上の連続状態の性質を理解することが本研究の目的である。

その目的のため、本研究の期間中に達成する課題は

- (1) これまで複素座標スケールリング法では扱えないとされてきた仮想状態(virtual state)が複素スケールリングされた連続状態を分析することによって、その性質を調べることが可能であることを示す。既に、我々のこれまでの研究で、仮想状態(virtual state)が複素スケールリングされた連続状態として得られていることを確かめられている。本研究では、複素スケールリングされた連続状態から、仮想状態の散乱長(Scattering Length)や極の位置を求めることを行う。
- (2) 多体連続状態を各オープン・チャンネルからの連続状態に分解した状態密度(Continuum Level Density)を調べることによって、散乱・反応断面積についての理解が得られることを示す。2体単一チャンネル系については、既に、状態密度から散乱・反応断面積が得られることを確かめ、論文として公表済みである。本研究ではチャンネル結合系の連続状態密度と散乱・反応断面積の関係を明らかにし、各チャンネルでの連続状態密度から散乱位相差を求める方法を開発する。
- (3) これらの方法を用いて、A=9 (⁹Be, ⁹B)の構造(1/2⁺仮想状態、ミラー対称性、Thomas-Ehrman 効果)を調べ、光分解反応、中性子入射反応断面積の特異性を理解する。

A=9 核である ${}^9\text{Be}$, ${}^9\text{B}$ は $\alpha + \alpha + N$ 模型で、低励起状態が良く再現されることがこれまでの多くの研究で示されている。我々は ${}^9\text{Be}$ の最初の励起 $1/2^+$ 状態は仮想状態であることを光分解断面積の計算で示した。そこで、本研究で、仮想状態の光分解断面積が Breit-Wigner からずれることを 2 体模型による解析的な計算で示し、 ${}^9\text{Be}$ の結果と矛盾しないことを確かめる。さらに、 ${}^9\text{Be}$ における仮想状態である $1/2^+$ 状態に対応する状態が、ミラー核 ${}^9\text{B}$ では共鳴状態として求められること確かめ、 $1/2^+$ 状態以外はミラー対象が良く成り立っていることを示す。 $1/2^+$ 状態だけはミラー対称性を大きく破ることが Thomas-Ehrman 効果によるものであることを示す。

3. 研究の方法

3-1. 本研究方法の特色と独創的な点

近年注目されている複素座標スケーリング法は多体共鳴状態を求める有用な方法として様々な分野・研究で用いられつつある。我々は、複素座標スケーリング法が共鳴状態を求めるだけでなく、複素回転された異なるチャンネルの連続状態が求められることに注目する。そこで得られる異なるチャンネルの連続状態を研究することが我々の研究の独自なところである。

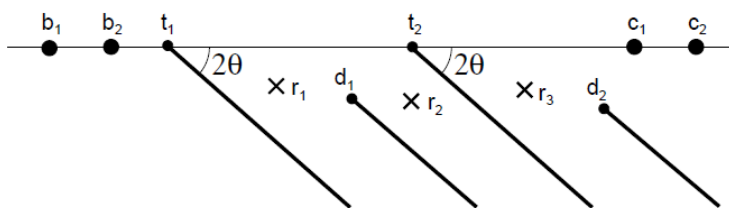


図 1

複素座標スケーリング法で得られるエネルギー・スペクトルを図 1 に示す。最初の閾値 t_1 より小さな実(負)エネルギーの束縛状態 (b_1, b_2) に加え、複素エネルギーの共鳴状態 (r_1, r_2, r_3) が得られる。部分系が束縛状態の場合、実エネルギー閾値 (t_1, t_2) から 2θ 回転された連続状態が得られ、部分系が共鳴状態の場合、複素エネルギー閾値 (d_1, d_2) から連続状態が離散化されて得られる。これらの連続状態は 2θ 回転された分岐線(カット)より下の巾の広い共鳴状態(極)や仮想状態の情報を持っている。この連続状態を分析することによって、孤立した共鳴状態として得られない巾の広い共鳴状態(極)や仮想状態の性質を調べることが可能になる。

複素座標スケーリング法で得られる閾値より高いエネルギーの連続状態は図 1 に示したように角度 2θ 回転した分岐線(カット)上に得られ、式で表したのが以下の「拡張された完全系」の式である。

$$1 = \sum_b^{n_b} |\chi_b^\theta\rangle \langle \tilde{\chi}_b^\theta| + \sum_r^{n_r} |\chi_r^\theta\rangle \langle \tilde{\chi}_r^\theta| + \int_{L_{E_c}^\theta} dE_c |\chi_{E_c}^\theta\rangle \langle \tilde{\chi}_{E_c}^\theta| + \int_{L_{E_{c'}}^\theta} dE_{c'} |\chi_{E_{c'}}^\theta\rangle \langle \tilde{\chi}_{E_{c'}}^\theta| + \int_{L_{E_{c''}}^\theta} dE_{c''} |\chi_{E_{c''}}^\theta\rangle \langle \tilde{\chi}_{E_{c''}}^\theta|$$

量子力学における基本的な式である「完全系の式」は左辺の第 1 項(束縛状態)と 3 - 5 項をひとまとめにした連続状態で構成される。一方、上の式では第 2 項の共鳴状態が現れ、連続状態が(この場合)3 種類に分岐される。共鳴状態数 n_r はスケーリングパラメータ θ に依存し、共鳴状態の複素エネルギーの偏角が 2θ より小さい状態の数である。従って、 2θ より大きな偏角を持つ仮想状態や共鳴状態は第 3 項以降の連続状態に含まれる。

3-2. $\alpha + \alpha + N$ 模型

A=9 (${}^9\text{Be}$, ${}^9\text{B}$)の構造を調べるために、 $\alpha + \alpha + N$ 3 体クラスター模型に新たに開発されたこれらの方法を適用する。ここで、 N が中性子 (n)、陽子 (p) の場合、 ${}^9\text{Be}$, ${}^9\text{B}$ に対応する。この 3 体クラスター模型に複素座標スケーリング法を適用した計算は、ガウス基底関数系を用いた直交条件模型を用いて実行される。

4. 研究成果

4-1. 第 1 の課題：複素座標スケーリング法による仮想状態の分析

複素座標スケーリング法では、第 2 リーマン面上の負の実軸上の極である仮想状態を固有状態として求めることは出来ないが、実験データに対応した光分解反応などの断面積の計算結果に鋭いピークが得られることに注目し、そのピークが仮想状態によるものであり、その結果から仮想状態の極の位置を求めることが出来ることを示した(論文: Virtual-state character of the two-body system in the complex scaling method, Phys. Rev. C **96** (2017), 064305-7.)。

実験的には仮想状態の存在は散乱長のデータから確認されるが、我々が興味を持って

る不安定核の多くの場合は散乱長を求める実験が困難である。しかし、複素座標スケールリング法を用いた理論計算上では散乱長を求めることが出来、その結果から仮想状態であることを確認できた。我々の研究の特徴は、散乱長を計算するための位相差を極からの寄与とそれ以外の寄与に分解できる所にある。そこで、その極の位相差の振る舞いと位相差を与える連続準位密度から仮想状態の極の位置が決められることを示した。得られた仮想状態の極の位置が妥当な結果であることを、正確に解けるモデル計算を行って確かめた。この結果は、複素座標スケールリング法が幅広い物理の問題に有効であることを示すと共に、連続状態の特徴的性質を理解する上で有効な方法であることを示した。

4 - 2 . 第2の課題：複素座標スケールリング法における連続準位密度を用いた散乱・反応断面積の分析

散乱の位相差を複素座標スケールリング法におけるエネルギー固有値を用いて記述することをチャンネル結合系について行った(論文：Decomposition of scattering phase shifts of coupled-channel systems in the complex scaling method, Phys. Rev. C **104** (2021), 014325-10.)。このことは散乱行列 (S-matrix) のスペクトル表示を求めることであり、散乱問題における興味深い問題である。本研究で、我々が求めたスペクトル表示での散乱位相差と従来の方法で得られているチャンネル結合系の結果との比較を行った。その結果は1部のチャンネルの位相差に不一致を示し、その原因の解明を行ったが、明確な理由を明らかにできなかった。この問題は引き続き取り組む課題となった。

4 - 3 . 第3の課題：新たに開発された方法を用いた ${}^9\text{Be}$ 核の $1/2^+$ 状態の光分解断面積の分析

3体模型($\alpha + n$)を単純化した2体クラスター模型(${}^8\text{Be}+n$)に複素座標スケールリング法を適用して、 ${}^9\text{Be}$ の光分解断面積の詳細な分析を行い、 ${}^9\text{Be}$ 核の $1/2^+$ 状態が共鳴状態か仮想状態かを判別することが出来るかどうか調べた(論文：Photodisintegration cross section for resonant states and virtual states, Phys. Rev. C **99** (2019), 034312-6.)。その結果は、判別が難しいという結論を得た。実験的にも、観測される光分解反応断面積からだけでは共鳴状態であるか仮想状態であるか識別することは困難である。仮想状態として観測される光分解断面積を再現する我々の理論計算は、他の計算、例えばR行列理論などで仮定するパラメータを用いる必要がない点で、優れている。

また、 ${}^9\text{Be}$ と ${}^9\text{B}$ のミラー状態 $1/2^+$ についての分析を行った。 ${}^9\text{Be}$ の光分解反応断面積の研究を通じて、 ${}^9\text{Be}$ の第1励起 $1/2^+$ 状態は共鳴状態ではなく仮想状態であるという結論を得たが、同じ方法で、 ${}^9\text{B}$ の第1励起 $1/2^+$ 状態を計算すると、クーロン・ポテンシャルのために明白な共鳴状態として得る。一方、 ${}^9\text{B}$ の実験データは、共鳴巾が大きいために、共鳴状態は観測されていない。 $1/2^+$ 状態以外の他の低励起状態については、 ${}^9\text{Be}$ 、 ${}^9\text{B}$ ともにミラー対称性が良く、実験データとも一致が良い。第1励起 $1/2^+$ 状態だけが、ミラー対称性が成り立っていないことを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件/うち国際共著 11件/うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Takayuki Myo, Myagmarjav Odsuren and Kiyoshi Kato	4. 巻 104
2. 論文標題 Five-body resonances in 8He and 8C using the complex scaling method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 044306-1, 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.104.044306	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Myagmarjav Odsuren, Takayumi Myo, Yuma Kikuchi, Manabu Teshigawara and Kiyoshi Kato	4. 巻 104
2. 論文標題 Decomposition of scattering phase shifts of coupled-channels systems in the complex scaling method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 014325-1, 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.104.014325	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Takayuki Myo and Kiyoshi Kato	4. 巻 12A101
2. 論文標題 Complex scaling: Physics of unbound light nuclei and perspective	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa101	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 A.D.Duisenbay, N.Kalzhyigitov, K.Kato, V.O.Kurmangaliyeva, N.Takibayev, V.S.Vasilevsky	4. 巻 996
2. 論文標題 Effects of the Coulomb interaction on parameters of resonance states in mirror three-cluster nuclei	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Physics A	6. 最初と最後の頁 121692-1, 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nuclphysa.2020.121692	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Myagmarjav Odsuren, Yuma Kikuchi, Takayuki Myo, Hiroshi Masui and Kiyoshi Kato	4. 巻 99
2. 論文標題 Photodisintegration cross sections for resonant states and virtual states	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034312-1, 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.99.034312	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 V. S. Vasilevsky, K. Kato and N. Takibayev	4. 巻 98
2. 論文標題 Systematic investigation of the Hoyle-analog states in light nuclei	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PHYSICAL REVIEW C	6. 最初と最後の頁 024325-1, 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.98.024325	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 M. Odsuren, T. Myo, G. Khuukhenkhuu, H. Masui, and K. Kato	4. 巻 49
2. 論文標題 ANALYSIS OF A VIRTUAL STATE USING THE COMPLEX SCALING METHOD	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACTA PHYSICA POLONICA B	6. 最初と最後の頁 319, 324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5506/APhysPoIB.49.319	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kiyoshi Kato, Myagmarjav Odsuren, Takayuki Myo, Hiroshi Masui, and Yuma Kikuchi	4. 巻 2038
2. 論文標題 Virtual states in the complex scaling method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIP Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 020023-1, -6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5078842	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 V. S. Vasilevsky, K. Kato, and N. Takibayev	4. 巻 2038
2. 論文標題 The Hoyle-analog states in light nuclei	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 AIP Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 020022-1, -8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5078841	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Myagmarjav Odsuren, Yuma Kikuchi, Takayuki Myo, Gonchigdorj Khuukhenkhuu, Hiroshi Masui, and Kiyoshi Kato	4. 巻 95
2. 論文標題 Virtual-state character of the two-body system in the complex scaling method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 064305-1, -7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.95.064305	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 V. S. Vasilevsky, K. Kato and N. Takibayev	4. 巻 96
2. 論文標題 Formation and decay of resonance states in 9Be and 9B nuclei: Microscopic three-cluster model investigations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034322-1, -14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.96.034322	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 加藤幾芳、Myagmarjav Odsuren、菊地右馬、明 孝之
2. 発表標題 複素座標スケーリング法を用いたグリーン関数のスペクトル表示
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Odsuren, G. Khuukhenkhuu, A.T. Sarsembayeva, S. Davaa, Usukhbayar, .Zolbayar, K. Kato
2. 発表標題 Scattering Problems of Two-Body Systems
3. 学会等名 Postponement of "The 10th AASPP workshop on Nuclear Reaction Database Development (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Dagvadorj ICHINKHORLOO, Masayuki AIKAWA, Satoshi CHIBA, Yoshiharu HIRABAYASHI, and Kiyoshi KATO
2. 発表標題 Analysis of the $160(p, pn)150$ reaction using the CDCC method
3. 学会等名 13th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤幾芳、Myagmarjav Odsuren, 菊地右馬、升井洋志、明孝之
2. 発表標題 強度関数と連続状態の構造
3. 学会等名 日本物理学会 2018年春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kiyoshi Kato, Myagmarjav Odsuren, Yuma Kikuchi, Hiroshi Masui and Takayuki Myo
2. 発表標題 Resonances and Non-Hermitian Quantum Mechanics
3. 学会等名 The International Scientific Conference Dedicated to the 80th Anniversary of Academician of the NAS RK Abdildin Merirkhan Mubarakovich (Aip. 12-15, Almaty) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kiyoshi Kato
2. 発表標題 Virtual States in the Complex Scaling Method
3. 学会等名 Fourth International Workshop on State of the Art in Nuclear Cluster Physics (May 13-18, Galveston) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 V.S. Vasilevsky, K. Kato and N. Takibayev
2. 発表標題 The Hoyle-Analog States in Light Nuclei
3. 学会等名 Fourth International Workshop on State of the Art in Nuclear Cluster Physics (May 13-18, Galveston) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤幾芳
2. 発表標題 連続状態にけるクラスター物理
3. 学会等名 基研研究会 『Threshold Rule 50』 (10月3 - 5日)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kiyoshi Kato
2. 発表標題 The first $1/2^+$ state and photo-disintegration cross sections of ^9Be
3. 学会等名 The international workshop on Nuclear Cluster Physics (WNCP2018) (Nov.9-13) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤幾芳, 菊地右馬 明 孝之, M. Odsuren, V. Vasilevsky, N. Takibayev
2. 発表標題 9Be核における仮想状態
3. 学会等名 日本物理学会 2017年春季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M.Odsuren, 菊地右馬, 升井洋志, 明 孝之, 加藤幾芳, V. Vasilevsky, N. Takibayev
2. 発表標題 9Be、9B核の + +N 3体クラスター共鳴構造
3. 学会等名 RCNP研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kiyoshi Kato
2. 発表標題 Complex Scaling Method and Astrophysical Nuclear Reactions
3. 学会等名 the V-th International Conference on Cosmology, Relativistic and Nuclear Astrophysics (ICCRNA 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤幾芳, Myagmarjav Odsuren, 菊地右馬, 升井洋志, 明 孝之
2. 発表標題 強度関数と連続状態の構造
3. 学会等名 日本物理学会 2018年春季大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

北海道大学学術成果コレクション(HUSCAP)
<https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/statistics/statslist.php?statsurl=02idr0jab70uj2e>
HUSCAP
<http://hdl.handle.net/2115/67294>
HUSCAP
<http://hdl.handle.net/2115/67294>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
モンゴル	モンゴル国立大学			
カザフスタン	Al-Farabi カザフ国立大学			
ウクライナ	ボゴリューポフ理論物理学研究所			