

令和 3 年 5 月 31 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05441

研究課題名(和文) 重いクォークが紐解く相関でさぐるハドロン分光の包括的な理論研究

研究課題名(英文) Systematic study of hadron spectroscopy by heavy quark correlations

研究代表者

保坂 淳 (Hosaka, Atsushi)

大阪大学・核物理研究センター・教授

研究者番号：10259872

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、近年発見が相次ぐエキゾチックなハドロン現象の起源を探るべく、クォーク相関に着目した研究を行った。そのために理論と実験を結ぶ生成・崩壊モデルを構築するとともに、ハドロン構造の研究を並行して行った。生成・反応のいずれにおいてもそれらの反応率から、相関を特徴付ける構造の情報が得られることを示した。構造の研究では、空間的に広がったハドロン相関と密集した多重クォーク相関との混在によって、エキゾチックな性質の多くを説明した。さらにクォークモデルの詳細な解析によって、これらの相関が質量の異なるクォークの組み合わせによってもたらされることを示し、その結果絶対安定なテトラクォークの存在を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2003年にKEKのBelle実験で発見された $X(3872)$ を発端に、後従来のハドロン理論では説明困難な現象の観測が相次いでいる。量子色力学が作り出すハドロン現象の豊富さの背後に、現象論や第一原理計算では取り込めないダイナミクスが潜んでいると考えられる。その起源をハドロンの構成子間の相関と捉え、そのことを実証する成果を得た。それにより、ハドロン物理を基盤にした核物理や天体物理の進展が期待できる。

研究成果の概要(英文)：We have studied exotic hadron phenomena using the dynamics of quark correlations. For that purpose, theories for productions and decays were formulated. It was shown that both production and decay rates reflects the structures characterized by correlations. For the study of structures, it was shown that mixtures of long range correlations between well-separated hadrons and short-range correlations among dense multiquarks plays an important role to explain various properties of exotic hadrons. By using detailed analyses of the quark model, these different correlations were shown to emerge from different combinations of multiquarks. Because of this it was shown that absolutely stable doubly heavy tetraquarks can exist.

研究分野：ハドロン物理理論

キーワード：Heavy baryons Productions Decays Correlations Exotic hadrons

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究はハドロン分光、特に陽子や中性子には存在しないストレンジクォーク、チャームクォーク、ボトムクォークなどの重いクォークを含むハドロンの諸性質を研究するものである。これらの粒子は高密度天体や宇宙初期においてクォーク物質からハドロン物質へと進化する過程において存在し、その過程で重要な役割を果たすと考えられている。また強い相互作用が作る非自明な真空構造の研究にも通じる。

2003年にKEKのBelle実験で観測されたX(3872)粒子を皮切りに、その後各国の大型加速器装置から新粒子(新ハドロン)の発見が相次いだ。これらはクォークの複合系であり、その性質はクォーク模型などの有効理論や格子QCDによって説明することが困難であった。これらの手法にはQCDの重要な性質を取り込めていない可能性がある。本研究ではその一つとしてクォーク相関を考察し、クォークの種類や組成によってできた異質な相関の役割を議論する。

### 2. 研究の目的

重いクォークの運動学的効果とクォークと反クォーク生成の閾の効果によって紐解かれた相関のダイナミクスに基づいて、基底状態から励起状態に至るまでのハドロン分光の包括的な理論研究を推進する。現在進行するKEKにおける高統計ハドロン実験、J-PARCで計画が進むチャームバリオン生成実験研究との議論を進める。

(1) 生成・崩壊反応: クォーク相関を取り入れた反応模型を構築し、生成崩壊の反応率からハドロンの構造の情報を引き出す。理論研究と実験研究を直接的に結ぶ枠組みを作る。

(2) エキゾチックハドロン: LHCbで報告されたPcペンタクォークの起源解明に向けて、ハドロン相関を取り入れたマルチチャンネル結合の理論を構築する。また、重いテトラクォークハドロンに対してクォーク4体系の精密計算を行い、重いクォークが引き起こす相関によってどのような安定状態が存在し得るかを明らかにする。

(3) 格子QCD研究との連携を強め、大規模施設による実験と計算科学の進展を生かす。

### 3. 研究の方法

(1) 生成反応: 現在J-PARCのハドロン実験で、チャームバリオンの生成計画が進行中である。その生成率から構造の情報を得るための理論を構築する。実験では高エネルギーパイオンと陽子の衝突によって、チャーム・反チャームクォークを生成させ、チャームクォークを含む重いバリオンの生成を目指している。研究代表者は先行研究において、入射パイオンが標的陽子中のクォーク1個と反応し、チャーム・反チャームクォーク生成が起こる「1クォーク反応」の理論を構築していた[1]。本研究では、高エネルギー反応で重要になると考えられる陽子中のクォーク2個と反応する「2クォーク反応」を構築した。生成されるチャームバリオンの構造をクォーク模型で記述し、生成率と構造とを結ぶ行列要素を解析し、反応率と構造の関係を明らかにした。

崩壊反応: 実験で観測されるチャームバリオンの3体崩壊を理論で直接計算する手法を開発した。さらに、結果を可視化することでデータとの比較を容易にした。

(2) 本研究開始直後に、LHCbからチャーム・反チャームクォークを含む新粒子、ペンタクォークバリオンPcの存在を示唆するデータが報告された。その質量はチャームクォークを含むバリオンと反チャームクォークを含むメソンの質量和に近く、それらがゆるく束縛した分子状態と予測された。本研究ではハドロン分子構造がパイオン交換力によって形成されることを示すとともに、分子を構成するハドロンが密にまとまり個々の個性を失い5クォークの塊として存在する、コンパクトな構造との結合を取り入れたチャンネル結合法を開発した。コンパクトな構造は高エネルギー反応に伴う生成反応で主要な役割を果たすと考えられる。

さらに同様のアイデアをX(3872)粒子に適用した。

(3) 重いテトラクォークの解析で、クォーク模型による4体計算を精密に実行し、粒子の安定性を議論した。格子QCDの結果とも比較し、理論の妥当性を吟味するとともに、格子QCDによっては到達困難な領域にまで解析を拡張した。

### 4. 研究成果

(1) チャームバリオンの生成反応における「2クォーク反応」(図1)理論の公式を完成させた[2]。これに先立って得られていた「1クォーク反応」では、低いエネルギー状態のモードが選択的に励起されることに対して、「2クォーク反応」ではより大きなエネルギー状態のモードが同時に生成されることが分かった(図2)。チャームバリオンの生成で必要になる高エネルギー反応では「2クォーク反応」が強く起こっていることが予想されることから、この理論によって生成率から、様々な構造を持ったバリオンの研究を進めることが期待される。

(2) ペンタクォークPcの解析において、メソンとバリオンの閾近傍に幾つかの状態が存在することを予言した[3]。その後2019年には高統計の実験結果が示された。先行研究の結果を再解析しデータとの詳細な比較検討によって、我々の理論は実験データに極めて近い質量と寿命を説明することがわかった(図3)[4]。また、我々の理論はPcのスピンとパリティも予言している。その際にパイオン交換による力が重要な役割を果たしていることがわかった。ハドロン物理

においてもパイオンが重要となること示す事例であり、将来のデータとの比較が期待される。これらの結果は関連論文の第2論文として出版され、共同研究者の一人(山口)は、その成果によって日本物理学会の「若手奨励賞」を受賞した。

この研究で重要なことは、ハドロン分子構造とコンパクトな構造との混合である。このアイデアは $\chi(3872)$ の構造においても定性的に示唆されていた。本研究ではパイオン交換力の導入によってより現実的なハミルトニアンを構成するとともに、スペクトル関数の定量的な解析を行い、観測データをよく説明できることを示した。この研究とこれまでの関連研究の成果は、総合報告の招待論文として発表された[5]。

(3) 重いテトラクォークの安定性が Karliner-Rosner 達によって、定性的な議論がなされていた[6]。その根拠となったのがクォーク間に働く強い電氣的なカラー力であり、QCD が正しい理論である限り、2個の重いクォークと2個の軽い反クォークから構成されるテトラクォークが安定に存在しなければならない。どんなクォークの組み合わせで実現されるかは、理論の詳細な計算が必要である。本研究では少数系の厳密計算法によって、そのことを明らかにした。その結果ボトムクォーク2個と軽い反クォーク2個を含むテトラクォークには、束縛エネルギーが170 MeVにも達する強く束縛された状態が存在することが明らかになった(図4)。同様の状態は格子QCDでも予言され、両者の比較によって信頼できる予言とすることができた。本研究ではいくつかの励起(緩く束縛された)状態が存在することも予言した。さらに、これら強くあるいは弱く束縛した状態の構造(密度分布)も詳しく調べ、その結果強く束縛した状態ではボトムクォーク間に強い第クォーク相関が発達すること、一方で弱く束縛した状態は2メソンの分子状態であることがわかった。このような異質の状態が出現する背景には、クォーク間の力によるものであることが明らかになった。

### 参考文献

- [1] Sangho Kim, Atsushi Hosaka and Hyun-Chul Kim, PTEP2014 (2014) 10, 103D01.
- [2] Sangin Shim, Atsushi Hosaka and Hyun-Chul Kim, PTEP2020 (2020) 5, 053D01.
- [3] Yasuhiro Yamaguchi, Alessandro Giachino, Atsushi Hosaka, Elena Santopinto, Sachiko Takeuchi and Makoto Takizawa, Phys.Rev.D 96 (2017) 11, 114031.
- [4] Yasuhiro Yamaguchi, Hugo Garcia-Tecocoatzi, Alessandro Giachino, Atsushi Hosaka, Elena Santopinto, Sachiko Takeuchi, and Makoto Takizawa, Phys.Rev.D 101 (2020) 9, 091502.
- [5] Yasuhiro Yamaguchi, Atsushi Hosaka, Sachiko Takeuchi and Makoto Takizawa, J.Phys.G 47 (2020) 5, 053001.
- [6] M. Karliner and J.L. Rosner, Phys. Rev. Lett. 119(20) (2017) 202001.
- [7] Q.Menga, E.Hiyamab, A.Hosakae, M.Okad, P.Gubler, K.U.Canf, T.T.Takahashi and H.S.Zonga, Phys.Lett.B 798 (2019) 135028.

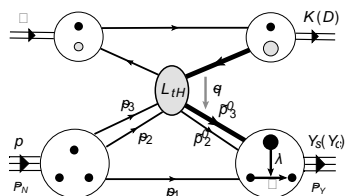


図1:チャームバリオン生成における「2クォーク」反応過程 [2]。

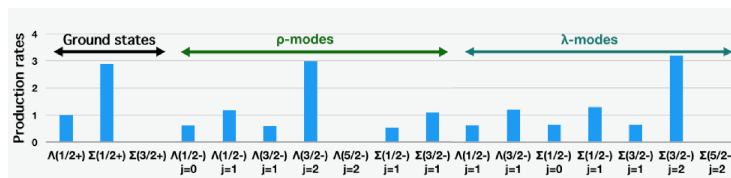


図2:色々なチャームバリオンの生成比 [2]。

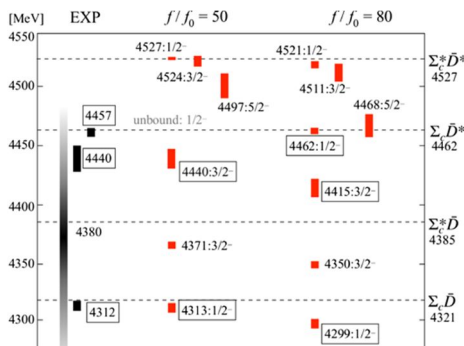


図3:ペンタクォーク  $P_c$  の理論(赤)と実験データ(黒) [5]。

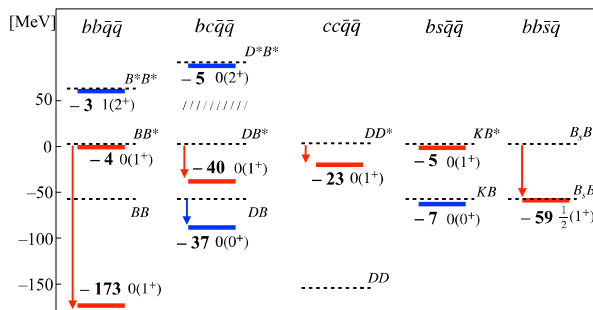


図4:テトラクォークの安定状態(理論) [7]。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 19件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Arifi A.J., Nagahiro H., Hosaka A., Tanida K.	4. 巻 101
2. 論文標題 Three-body decay of $c^*(2765)$ and determination of its spin-parity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 94023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.094023	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 -
1. 著者名 Chen Hua-Xing, Cui Er-Liang, Hosaka Atsushi, Mao Qiang, Yang Hui-Min	4. 巻 80
2. 論文標題 Excited $\Omega_{cb}$ baryons and fine structure of strong interaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-020-7824-y	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 Yang Hui-Min, Chen Hua-Xing, Cui Er-Liang, Hosaka Atsushi, Mao Qiang	4. 巻 80
2. 論文標題 Decay properties of P-wave bottom baryons within light-cone sum rules	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-020-7637-z	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 Yamaguchi Yasuhiro, Hosaka Atsushi, Takeuchi Sachiko, Takizawa Makoto	4. 巻 47
2. 論文標題 Heavy hadronic molecules with pion exchange and quark core couplings: a guide for practitioners	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics	6. 最初と最後の頁 053001 ~ 053001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6471/ab72b0	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 -

1. 著者名 Yamaguchi Yasuhiro, Garc?a-Tecocoatzi Hugo, Giachino Alessandro, Hosaka Atsushi, Santopinto Elena, Takeuchi Sachiko, Takizawa Makoto	4. 巻 101
2. 論文標題 Pc pentaquarks with chiral tensor and quark dynamics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 91502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.091502	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 Meng Qi, Hiyama Emiko, Can Kadir Utku, Gubler Philipp, Oka Makoto, Hosaka Atsushi, Zong Hongshi	4. 巻 798
2. 論文標題 Compact ssscc pentaquark states predicted by a quark model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 135028 ~ 135028
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2019.135028	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 Liu Ming-Zhu, Pan Ya-Wen, Peng Fang-Zheng, S?nchez Mario S?nchez, Geng Li-Sheng, Hosaka Atsushi, Valderrama Manuel Pavon	4. 巻 122
2. 論文標題 Emergence of a Complete Heavy-Quark Spin Symmetry Multiplet: Seven Molecular Pentaquarks in Light of the Latest LHCb Analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 242001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.122.242001	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 Cui Er-Liang, Yang Hui-Min, Chen Hua-Xing, Hosaka Atsushi	4. 巻 99
2. 論文標題 Identifying the $\Lambda_b(6227)$ and $\Lambda_b(6097)$ as P-wave bottom baryons of $J^P=3/2^-$	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 94021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.094021	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 A.J. Arifi, H. Nagahiro, A. Hosaka	4. 巻 98
2. 論文標題 Three-body decay of $\Lambda_c^+(2595)$ and $\Lambda_c^+(2625)$ with the inclusion of a direct two-pion coupling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys.Rev. D	6. 最初と最後の頁 114007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.114007	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 -

1. 著者名 Qiang Mao, Hua-Xing Chen, Atsushi Hosaka, Xiang Liu, Shi-Lin Zhu	4. 巻 46
2. 論文標題 D-Wave Heavy Baryons from QCD Sum Rules	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Int.J.Mod.Phys.Conf.Ser.	6. 最初と最後の頁 1860083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S2010194518600832	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 Rui Chen, Fu-Lai Wang, Atsushi Hosaka, Xiang Liu	4. 巻 97
2. 論文標題 Exotic triple-charm deuteronlike hexaquarks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys.Rev. D	6. 最初と最後の頁 114011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.114011	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 Emiko Hiyama, Atsushi Hosaka, Makoto Oka, Jean-March Richard	4. 巻 98
2. 論文標題 Quark model estimate of hidden-charm pentaquark resonances	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys.Rev. C	6. 最初と最後の頁 45208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.98.045208	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 Rui Chen, Atsushi Hosaka, Xiang Liu	4. 巻 97
2. 論文標題 Searching for possible $\Omega_c$ -like molecular states from meson-baryon interaction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys.Rev. D	6. 最初と最後の頁 36016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.036016	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 Mao Qiang, Chen Hua-Xing, Hosaka Atsushi, Liu Xiang, Zhu Shi-Lin	4. 巻 46
2. 論文標題 D-Wave Heavy Baryons from QCD Sum Rules	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 1860083 ~ 1860083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S2010194518600832	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 Chen Rui, Hosaka Atsushi, Liu Xiang	4. 巻 96
2. 論文標題 Prediction of triple-charm molecular pentaquarks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 114030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.96.114030	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 Khemchandani K. P., Mart?nez Torres A., Hosaka A., Nagahiro H., Navarra F. S., Nielsen M.	4. 巻 59
2. 論文標題 Multistrange Meson-Baryon Dynamics and Resonance Generation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Few-Body Systems	6. 最初と最後の頁 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00601-018-1338-2	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 Chen Rui, Hosaka Atsushi, Liu Xiang	4. 巻 97
2. 論文標題 Searching for possible c-like molecular states from meson-baryon interaction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 36016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.036016	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 Yamaguchi Yasuhiro, Giachino Alessandro, Hosaka Atsushi, Santopinto Elena, Takeuchi Sachiko, Takizawa Makoto	4. 巻 96
2. 論文標題 Hidden-charm and bottom meson-baryon molecules coupled with five-quark states	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 114031
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.96.114031	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 Chen Rui, Hosaka Atsushi, Liu Xiang	4. 巻 96
2. 論文標題 Heavy molecules and one- / -exchange model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 116012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.96.116012	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 Mao Qiang, Chen Hua-Xing, Hosaka Atsushi, Liu Xiang, Zhu Shi-Lin	4. 巻 96
2. 論文標題 D-wave heavy baryons of the SU(3) flavor 6F representation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 74021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.96.074021	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 Jia Duojie、Pang Cheng-Qun、Hosaka Atsushi	4. 巻 32
2. 論文標題 Mass formula for light nonstrange mesons and Regge trajectories in quark model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Modern Physics A	6. 最初と最後の頁 1750153 ~ 1750153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0217751X17501536	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 Arifi A.J.、Nagahiro H.、Hosaka A.	4. 巻 95
2. 論文標題 Three-Body Decay of $c^*(2595)$ and $c^*(2625)$ with consideration of $c(2455)$ and $c^*(2520)$ in intermediate States	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 114018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.95.114018	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 Chen Hua-Xing、Mao Qiang、Chen Wei、Hosaka Atsushi、Liu Xiang、Zhu Shi-Lin	4. 巻 95
2. 論文標題 Decay properties of P-wave charmed baryons from light-cone QCD sum rules	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 94008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.95.094008	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 Ezoe Takashi、Hosaka Atsushi	4. 巻 96
2. 論文標題 Kaon-nucleon scattering states and potentials in the Skyrme model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 54002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.96.054002	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 -

[学会発表] 計23件(うち招待講演 22件/うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Nuclear and Hadron Physics using Supercomputers
3. 学会等名 ANPhA Symposium/meeting 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Heavy baryon Spectroscopy
3. 学会等名 APCTP-KPS-JPS meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Heavy baryons (conventional resonances) -- Theory --
3. 学会等名 Snowmass21, Heavy-Quarks Conventional Hadrons2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Threshold peaks in heavy hadrons
3. 学会等名 Workshop Clusters and Hierarchies (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Threshold peaks in heavy hadrons - Pc
3. 学会等名 Inha University Hadron Mini Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 クォークモデルでみたチャームバリオン
3. 学会等名 クォーク模型からみたエキゾチックハドロン研究の進展とQCDの新展開 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Heavy quark baryons, Hadronic molecules as exotic candidates Pc
3. 学会等名 HISS/DIAS-TH international school (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Pentaquark Pc as heavy hadronic molecules with pion exchange force
3. 学会等名 Perspectives in Hadron Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Chiral tensor dynamics for heavy baryons Pc
3. 学会等名 Universal physics in Many-Body Quantum Systems; From Atoms to Quarks (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Heavy Hadrons - Where and How -
3. 学会等名 Flavor Physics 2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Exotic Hadrons - Where and How -
3. 学会等名 シミュレーションによる宇宙の基本法則と進化の解明に向けて (QUCS 2019) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Five quarks coupled with open channels
3. 学会等名 SCGP Workshop on Exotic Hadrons at Stony Brook (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Charmed baryon productions in one quark and two quark processes
3. 学会等名 International workshop on realistic hadron interactions in QCD, Beihang University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Skyrmions and Kaon-Nucleon systems
3. 学会等名 Workshop on Dense Matter from Chiral Effective Theories 2018, Nagoya, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Pion induced reactions for charmed baryon productions
3. 学会等名 APS-JPS(DNP) Hawaii meeting, Waikoloa, Hawaii (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Skyrmions and Kaon-Nucleon systems
3. 学会等名 New aspects of the Hadron and Astro/Nuclear Physics, Uzbekistan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Clusters in Hadron Physics
3. 学会等名 REIMEI Workshop on Universal Physics in Many-Body Quantum Systems, JAEA, Tokai (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Skyrmions for baryons and matter
3. 学会等名 HaRP Workshop on "Hadrons and dense matter from QCD", Vladivostok (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Charm hadron (baryon) spectroscopy
3. 学会等名 YITP workshop Strangeness and charm in hadrons and dense matter@Kyoto (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Heavy hadron production for the study of their structure
3. 学会等名 ICNFP 2017/ Workshop on Exotic Hadrons@Kolybari, Greece (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Structure and interaction of charmed baryons
3. 学会等名 ISPUN 2017@Halong bay, Vietnam (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsushi Hosaka
2. 発表標題 Charm baryon spectroscopy
3. 学会等名 Reimei workshop "Hadronic Resonances and Dense Nuclear Matter" and "J-PARC-HI Collaboration Meeting" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 保坂 淳
2. 発表標題 Heavy baryons with chiral symmetry c
3. 学会等名 J-PARC/KEK研究会 ヘビークォークハドロンとエキゾチックハドロンの構造 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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			
韓国	インハ大学			
中国	北航大学	北京大学	蘭州大学	
イタリア	ジェノバ大学			