

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 10 日現在

機関番号：32668

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K05361

研究課題名(和文) 重いクォークを含むエキゾチックバリオン共鳴の研究

研究課題名(英文) Study on exotic resonances with the heavy quark-antiquark pair

研究代表者

竹内 幸子 (Takeuchi, Sachiko)

日本社会事業大学・社会福祉学部・教授

研究者番号：90251503

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、主にJ/ Nに崩壊するペンタクォーク系、および、それを一般的な重いクォークに拡張したqqqQ-Qbar系、udsQQbar系について、あるいは、X(3872)、Y(4260)などのqqbar-QQbar系について、クォーククラスター模型、および、クォーク自由度を取り入れたハドロン模型を用いてその振る舞いを調べた。

その結果、カラー8重項に組んだ軽いクォークのクォーク多体効果とカラーสปิน項による引力によって、種々の系にエキゾチックハドロンが出来る可能性があること、長距離部分でのメソン交換のテンソル力により、例えば、LHCbで観測されたダブルピークを説明できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、我々の身の回りの物質を作る力の1つである量子色力学の複雑な相互作用についての理解を深めたものである。

従来のハドロン実験では、主に原子核やパイパー核など、アップ・ダウン・ストレンジという質量の軽いクォークによって構成される物質が調べられてきたが、最近では、チャームやボトムという重いクォークを含んだ物質が実験で観測され始めている。この研究は、後者の物質から、粒子がクォーク多体系であることと構成粒子の質量が違ふことを用いて、軽いクォークのカラー8重項という量子色力学に特徴的な状態の影響を取り出すことが出来ることと、それが実際に観測されている可能性を示したものである。

研究成果の概要(英文)：The exotic hadrons such as the hidden-charm or hidden-bottom pentaquarks, with and without strangeness, and the hidden-charm or hidden-bottom exotic mesons are investigated in this study. The employed models are the quark cluster model and the hadron model that includes the major modes of quarks effectively.

We elucidated that the color-octet light quarks inside the two-hadron systems induces an attraction between the hadrons in the specific channels. This attractive force comes from the spectroscopic factor and the color-spin term, which are the effects of the quark degrees of freedom. Our study show that, with the help of the tensor coupling from the one-pion-exchange, this quark effects can explain, for example, the double peaks of the pentaquark found in the final J/ N fraction in the B decay by the LHCb experiments. This picture also predicts the presence of other exotic hadrons. If they are observed, it will clearly show the roles of the quarks in the low energy QCD phenomena.

研究分野：ハドロン物理学(理論)

キーワード：エキゾチックハドロン エキゾチックバリオン 重いクォークを含む物理 カラー8重項 ハドロン物理学 ペンタクォーク チャームクォーク系 ボトムクォーク系

## 1. 研究開始当初の背景

現在の標準模型では、素粒子は、物質を構成するクォークおよびレプトン、相互作用を媒介するボソン、質量をもたらすヒッグス粒子に大別されている。2013年にヒッグス粒子が発見されたこともあり、高いエネルギー領域での素粒子の性質は活発に研究されている。それに対し、比較的低エネルギー領域での現象については、現象論的模型による解明は進んでいるものの、多体系・非線形性の複雑さのために、標準模型からの裏付けが出来ていなかった。近年、格子量子色力学（格子 QCD）の方法により、ハドロンの性質を再現する現象論的なクォーク模型の各項の定量的な意味づけがされるようになってきた。そのため、模型に観測量の説明がし難い現象については、従来のもを越えた新たな観点を必要とすることが起きていると考えられる。

近年の幾つかの実験は、 $q^3$ 、 $q\bar{q}$ 系を超えた新しい型のクォーク多体系（エキゾチックハドロン）が存在することを示唆している。2003年に、KEKにおける Belle 実験では、崩壊の最終状態などから単純な  $c\bar{c}$  配位ではないと考えられる  $X(3872)$  ( $\chi_{c1}(3872)$ とも呼ばれる)が発見された。その後も  $Y(4260)$ 、 $Z_c(3900)^{\pm,0}$ 、 $Z_b(10610)^{\pm,0}$ 、 $Z_b(10650)^{\pm}$  という、重いクォーク対  $c\bar{c}$ 、 $b\bar{b}$ を含むハドロンも見つかっている [1, 2]。一方、バリオン系でも、 $uudc\bar{c}$  配位と考えられる  $P_c(4380)$ 、 $P_c(4450)$  の発見が LHCb から 2015 年夏に発表されていた [3]。これについては、研究期間中に新しい実験結果が出ており [4]、 $P_c(4312)$ 、 $P_c(4440)$ 、 $P_c(4457)$  の 3 つのピークがあると考えられている。

このような状況の中で、このエキゾチックハドロンと呼ばれる新しい型のクォーク多体系、つまり、 $q^4\bar{q}$ 系、 $q^2\bar{q}^2$ 系の存在やその性質を明らかにすることが、新たなハドロン間相互作用、ひいては、低エネルギー領域での QCD の振る舞いに関する情報を示すことであるとして、国内外を問わず興味の焦点となっていた。日本でも、本研究の研究代表者らも分担・連携研究者として参加した新学術領域研究 [5] が実施されたように、エキゾチックハドロンは、素粒子と原子核の理論と実験分野が合同して力を注いでいる対象である。

## 2. 研究の目的

従来の構成子クォーク模型を用いた立場では、ハドロンは、バリオンであれば  $q^3$ 、( $\pi$  中間子などのゴールドストーンボソンを除く) メソンであれば  $q\bar{q}$  配位を採り、それらがグルーオンによる閉じこめポテンシャルの中で相互作用をしている状態として記述され、また、それは、一定の成功を収めてきた [6]。これらの系は、カラー SU(3) の 1 重項配位であって、カラーを持ったクォーク多体系の自由度はハドロンの中に隠されており、その影響を直接見ることは出来ない。しかし、この模型から導出されるハドロン間相互作用は、上記格子 QCD でも調べられている系については、それとチャンネル依存性が一致し、また、現象論的なハドロン間相互作用とも無矛盾であることが分かっていた。

これまでの現象論的なハドロン間相互作用は、主には、2 核子系、2 ハドロン系、原子核、ハイパー核の性質などから導出されてきた。従来の構成子クォーク模型を用いても、クォーク自由度に対するパウリ排他律の効果やクォーク間相互作用のカラーสปิน項を源として、例えば、核子間に観測される斥力芯を説明できることが分かっている。コンパクトなカラー SU(3) の 8 重項配位のクォーク多体系は 2 ハドロンが近づいたときには現れる筈であるが、クォーク

の有効質量がほぼ同じであることなどのためにその影響を取り出すことは難しい。それに対し、特に質量やフレーバーの異なるクォークが混在するエキゾチックハドロンの性質を調べることで、これまで隠されていたカラー自由度に関する情報を得ることが可能と考えた。

本研究は、それらの中でも、特に  $J/\psi N$  に崩壊する  $q^3 c\bar{c}$  のクォーク 5 体系に注目したものである。また、その普遍性および特殊性を明らかにするために、チャームクォーク対をボトムクォーク対を置き換えたもの、あるいは、ストレンジネスの入った系についても調べ、広くエキゾチックハドロンの存在可能性を探した。更に 2 メソン系に対応する  $q\bar{q}c\bar{c}$  のクォーク 4 体系等も調べ、従来のクォーク模型描像では現れない状態、たとえば、カラー 8 重項や軽いクォーク対の消滅を伴う 2 メソン-1 メソン結合による共鳴を探ることによって、低エネルギー領域で重要なモードに対する理解を得ることを目的とした。

### 3. 研究の方法

まず、構成子クォーク模型を用いて、軽いクォーク 3 個と重いクォーク対よりなる  $q^3 Q\bar{Q}$  系における、カラーสปิน項の大きさを群論的アプローチによって調べる。核力の斥力芯と比べることにより、その大きさを評価し、十分な引力を受ける可能性のあるチャンネルを探す。また、重いクォークの質量が無大の極限やフレーバー対称性が破れた場合についての振る舞いも評価する。次に、格子 QCD より得られたクォーク間相互作用を参照しつつ、核子や  $\rho$  メソンからチャームやボトムを含んだバリオンやメソンの性質を再現するクォーク模型を作り、S 波  $q^3 Q\bar{Q}$  系のエキゾチックバリオンの存在可能性の検討を、 $P_c(4312)$ 、 $P_c(4440)$ 、 $P_c(4457)$  に対応する系、ストレンジネスのある系、ボトムクォーク対の入った系について行う。

この後は、大きく分けて 2 種類の模型を用いて系を調べていく。(A) 1 つは、クォーククラスター模型を用いたもので、バリオン-メソン系を  $q^3$  と  $q\bar{q}$  の 2 つのクラスターだと考え、ハミルトニアンはクォークに対するもの、クラスターそれぞれはハドロンの性質を再現するものとし、相対的波動関数について系を解く方法である。クォーク自由度についてよりの確に調べられる代わりに、崩壊や散乱系の計算、および、軌道角運動量が違うチャンネルや、長距離での  $\pi$  メソン交換などの効果を取り入れようとすると、複雑な計算になる。(B) もう 1 つは、ハドロンの間相互作用をクォーク模型から得られたものを模したものとし、短距離部分にクォーク模型の影響を、長距離部分に  $\pi$  メソン交換を入れたハドロンの模型を用いることである。この方法の利点は、崩壊などの計算、軌道角運動量が S 波と D 波のテンソル結合の導入が比較的簡単であること、 $\rho$  メソンなど構成粒子の崩壊幅の導入が可能であること、クォークに対するパウリ排除律の効果やスペクトロスコーピック因子の影響（クォークの多体効果）、を有効的に入れることが出来ることなどである。

本研究では、この 2 つの模型を用いて、 $P_c$  および、ストレンジネスやボトムクォーク対を入れたペンタクォーク系、更に 2 メソン系に対応する  $q\bar{q}c\bar{c}$  のクォーク 4 体系等について調べた。計算手法としては、複素スケール法とリップマン-シュウィンガー方程式を直接数値的に解く方法の 2 つを試みた。

### 4. 研究成果

2016 年度は、エキゾチックバリオンの存在可能性の評価として、当時観測されていた  $P_c(4380)$  と  $P_c(4450)$  に対応すると考えられる、 $uudc\bar{c}$  という重いクォーク反クォーク対を含み、かつ、

軌道角運動量が0のクォーク5体系について、群論を用いて状態を分類し、クォーククラスター模型を用いてその性質を調べた。その結果、軽いクォーク3個がカラー8重項に組んだ配位がバリオン・メソン間に引力をもたらすことを明らかにできた。これは、スペクトロスコピック因子、つまり、クォークの多体効果による引力がある配位だが、その中に、更にカラーสปิน項も引力をもたらすスピン配位も存在することを示した。また、前記の模型(A)であるクォーククラスター模型を用いて、それらに対応するものとして実際に束縛状態や共鳴状態が存在しうることを定量的に示した。これらの状態は、クォーク自由度が起因の、即ち短距離の引力に依るものであり、狭い幅のピークとなって散乱の観測に現れる。この時点ではLHCbの新しい結果はまだ出ておらず、これらの状態が、当時発表されていた広い幅のピークに対応するかは不明であった。しかしながら、チャームクォーク対を含んだアイソスピン1/2の負パリティバリオン状態においてエキゾチックハドロンの存在の可能性を示した先駆的な研究となった[7]。上記メカニズムを、前記の(B)である模型、即ち、軽いクォーク3個がカラー8重項に組んだコンパクトな配位をクォーク殻状態の基底状態として捉え、有効的に導入したハドロン模型によって調べたところ、クォーク模型と同様な束縛状態や共鳴状態をもたらすことを示すことができた。これにより、このメカニズムがある程度頑健であることを示し、また、高い軌道角運動量状態の寄与を含むエキゾチックハドロンの研究を進めることを可能にした。

2017年度は、上記(B)のバリオン・メソン模型に、 $\pi$ 中間子交換を導入し、短距離でのクォーク自由度と中長距離でのゴールドストーンボソンの影響を同時に考慮したハドロン有効模型を作成した。これにより、 $\pi$ 中間子交換を考慮しても、クォーク模型と同様な束縛状態や共鳴状態が見えることを示し、従って、クォーク自由度の影響が観測で見える可能性のあることを示した[8]。また、エキゾチックバリオンと同様のメカニズムによって4クォーク状態が2メソン系の共鳴として現れる可能性を示し、実際に単純化したクォーククラスター模型(A)を用いてその存在について調べた。その結果、多数(14チャンネル)のチャンネル結合を入れた $c\bar{c}q\bar{q}$ より成る2メソン系には、観測される $Y(4260)$ の質量に近いところに共鳴が現れる可能性があること、また、ストレンジネスを含む $s\bar{s}q\bar{q}$ より成る2メソン系にも3個程度の共鳴がある可能性があり、これらが、既知の共鳴を説明する、あるいは、新たなエキゾチックハドロンの候補となる可能性を示した[9]。

2018年度は、2017年度に引き続き、上述の(B)ハドロン有効模型を用いて、アイソスピンが1/2の負パリティ系について研究した。その結果、CERNのLHCbグループのペンタクォーク生成実験において、後に2019年に新たに報告された、4450MeV領域でのダブルピークの振る舞いを説明できる可能性を予言することができた。我々の模型からは、これら2つのピークは、クォーク芯の部分のスピン依存性と、 $\pi$ 中間子交換より現れるテンソル力のチャンネル依存性より、スピン1/2と3/2の縮退の解けた $\Sigma_c \bar{D}^*$ の共鳴状態だと考えられる。また、2017年度に行った、4クォーク状態が2メソン系の共鳴として現れる可能性を示した研究を進め、位相のずれやチャンネル混合に関する観測量を計算し、これらが既知の共鳴を説明する、あるいは、新たなエキゾチックハドロンの候補となる可能性を示した。

2019年度は、最終年度として、これまでに研究した系についての詳細なメカニズムの研究、及び、クォーククラスター模型により、ストレンジネスが入った $udsc\bar{c}$ と $udsb\bar{b}$ 系についての研究、および、 $q\bar{q}c\bar{c}$ 状態がメインであると考えられているエキゾチックハドロンのX(3872)に

ついでの研究を行った。まず、ハドロン有効模型 (B) を用いて、2019 年に CERN の LHCb グループのペンタクォーク生成実験において新たに報告された、4450MeV 領域でのダブルピークの振る舞い ( $P_c(4440)$ 、 $P_c(4457)$ ) について詳細に調べた。その結果、この模型描像では、クォークの多体効果と  $\pi$  中間子交換のテンソル項によるものであるとすれば、スピンの  $1/2$  が質量が重く幅の狭い  $P_c(4457)$  のピーク、 $3/2$  が質量が重く幅のより広い  $P_c(4440)$  のピークに対応すること、幅の広さの違いの自然な説明となっていることを示すことが出来た [10]。上記結果と、カラーสปิน項のみからダブルピークを説明しようとする場合とでは、ピークに対するスピンの予想が異なり、これら描像の違いは、原理的に実験によって確認できる量によって判断可能である。また、模型 (A) により、ストレンジネスと重いクォーク対を含むペンタクォーク系では、 $uds$  クォークがカラー  $8 \cdot$  フレーバー  $1$  重項である配位においてクォーク多体効果とカラーสปิน項が共に引力的となり、エキゾチックな共鳴状態が存在しうることを示した [11]。更に、 $X(3872)$  を、 $c\bar{c}$  芯-2 メソン系の結合と、 $\pi$  メソン交換テンソル力の両方の効果を取り入れたハドロン模型 (B) によって調べ、それら 2 種の寄与が同程度であり、 $c\bar{c}$  芯の存在確率も観測と矛盾せず、近距離ではクォーク自由度、中長距離ではハドロン自由度で、ハドロン多体系の理解が可能であるという描像がここでも成立することを示すことが出来た [12]。

## 参考文献

- [1] P. A. Zyla et al. [Particle Data Group Collaboration], to be published in Prog. Theor. Exp. Phys. 2020, 083C01 (2020).
- [2] 最近のレビューは、例えば、H. X. Chen, *et al.*: Phys. Rept. **639**, 1 (2016).
- [3] R. Aaij *et al.* [LHCb Collaboration], Phys. Rev. Lett. **115**, 072001 (2015).
- [4] R. Aaij *et al.* [LHCb Collaboration], Phys. Rev. Lett. **122**, 222001 (2019).
- [5] 新学術領域研究 (領域提案型)「多彩なフレーバで探る新しいハドロン存在形態の包括的研究」(2009~2013 年度)
- [6] 例えば、N. Isgur and G. Karl, Phys. Rev. D **20**, 1191 (1979).
- [7] S. Takeuchi and M. Takizawa, arXiv:1608.05475 [hep-ph].
- [8] Y. Yamaguchi, A. Giachino, A. Hosaka, E. Santopinto, S. Takeuchi and M. Takizawa, Phys. Rev. D **96**, no.11, 114031 (2017).
- [9] S. Takeuchi and M. Takizawa, PoS **Hadron2017**, 109 (2018).
- [10] Y. Yamaguchi, H. García-Tecocoatz, A. Giachino, A. Hosaka, E. Santopinto, S. Takeuchi and M. Takizawa, Phys. Rev. D **101**, no.9, 091502 (2020).
- [11] S. Takeuchi and M. Takizawa, “Strange pentaquarks with a hidden heavy quark-antiquark pair,” 18th International Conference on Hadron Spectroscopy and Structure (HADRON2019), 桂林, China, 講演.
- [12] Y. Yamaguchi, A. Hosaka, S. Takeuchi and M. Takizawa, J. Phys. G **47**, no.5, 053001 (2020).

## 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 5件/うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Takeuchi Sachiko, Takizawa Makoto	4. 巻 764
2. 論文標題 The hidden charm pentaquarks are the hidden color-octet uud baryons?	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physics Letters B	6. 最初と最後の頁 254-259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2016.11.034	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 Takeuchi Sachiko, Takizawa Makoto	4. 巻 13
2. 論文標題 The c $\bar{c}$ bar Pentaquarks by a Quark Model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 020044(1-4)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.13.020044	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, 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(1-25)
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 Santopinto Elena, Yamaguchi Yasuhiro, Giachino Alessandro, Hosaka Atsushi, Takeuchi Sachiko, Takizawa Makoto	4. 巻 BEAUTY2018
2. 論文標題 Hidden-charm and bottom pentaquark states	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Science	6. 最初と最後の頁 065(1-5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.326.0065	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 Giachino Alessandro, Yamaguchi Yasuhiro, Hosaka Atsushi, Santopinto Elena, Takeuchi Sachiko, Takizawa Makoto	4. 巻 LHCP2018
2. 論文標題 Hidden-charm and -bottom pentaquarks as meson-baryon molecules coupled to the five-quark states	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Science	6. 最初と最後の頁 082(1-4)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.321.0082	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 Takeuchi Sachiko, Takizawa Makoto	4. 巻 Hadron2017
2. 論文標題 Y(4260) and (2170) as exotic vector mesons	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Science	6. 最初と最後の頁 109(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.310.0109	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 Takeuchi Sachiko, Takizawa Makoto	4. 巻 Confinement2018
2. 論文標題 On the origin of Y(4260) and the JPC=1-- exotic mesons	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of Science	6. 最初と最後の頁 131(1-7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.336.0131	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 Takizawa Makoto, Takeuchi Sachiko	4. 巻 26
2. 論文標題 Structure of the Hidden-Charm Exotic Vector Mesons	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 022019(1-4)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.26.022019	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, Garca-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 091502(R)(1-7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1103/PhysRevD.101.091502">https://doi.org/10.1103/PhysRevD.101.091502</a>	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 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) <a href="https://doi.org/10.1088/1361-6471/ab72b0">https://doi.org/10.1088/1361-6471/ab72b0</a>	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 Giachino Alessandro, Hosaka Atsushi, Santopinto Elena, Takeuchi Sachiko, Takizawa Makoto, Yamaguchi Yasuhiro	4. 巻 238
2. 論文標題 Hidden-Charm and Bottom Meson-Baryon Molecules Coupled with Five-Quark States	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Springer Proceedings in Physics, Recent Progress in Few-Body Physics. FB22 2018	6. 最初と最後の頁 621 ~ 627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-32357-8_98	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

〔学会発表〕 計27件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 Y(4260) is an authentic resonance?
3. 学会等名 KEK theory center workshop on Hadron and Nuclear Physics in 2017, KEK (国際学会)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 Heavy pentaquark systems by the quark model
3. 学会等名 Structures and Interactions of Heavy Quark Hadrons, KEK Tokai (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 Y(4260) and Phi(2170) as exotic vector mesons
3. 学会等名 XVII International Conference on Hadron Spectroscopy and Structure (Hadron2017), Salamanca, Spain (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 Y(4260) is a qqbar ccbar resonance?
3. 学会等名 TITech-Uppsala Joint symposium, Titech, Tokyo (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 qqbar-QQbar systems by a quark hadron hybrid model
3. 学会等名 Hadron Spectroscopic Cafe, Titech, Tokyo (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 Effects of the instanton induced interaction on the H-dibaryon resonance
3. 学会等名 Structures of Heavy Quark and Exotic Hadrons, KEK Tokai (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 Pc, Y(4260), and X(3872) by a quark-hadron hybrid model
3. 学会等名 Structures of Heavy Quark and Exotic Hadrons, KEK Tokai (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 On the origin of Y(4260) and the JPC=1-- exotic mesons
3. 学会等名 XIII Quark Confinement and the Hadron Spectrum (Confinement 2018), Maynooth, Ireland (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 Structure of the Y(4260) and the JP=1- hidden-charm or hidden-strange exotic mesons
3. 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (Hawaii 2018) Hawaii, USA (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Takizawa
2. 発表標題 Mixing effects of the charmonium and four-quark components in $\Upsilon(4260)$
3. 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan (Hawaii 2018) Hawaii, USA (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Takizawa
2. 発表標題 Structure of the Hidden-Charm Exotic Vector Mesons
3. 学会等名 8th International Conference on Quarks and Nuclear Physics (QNP2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内幸子
2. 発表標題 クォーク模型によるエキゾチックハドロンの性質について
3. 学会等名 名古屋大学 理学部 物理学教室 談話会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 Role of the color-octet configurations in the exotic hadrons
3. 学会等名 Workshop on Exotic hadrons from the quark model and new aspect of QCD (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 Strange pentaquarks with a hidden heavy quark-antiquark pair
3. 学会等名 18th International Conference on Hadron Spectroscopy and Structure (HADRON2019), 桂林, China (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Takizawa
2. 発表標題 Heavy Quark Spin Symmetry with Chiral Tensor Dynamics in the Light of the Recent LHCb Pentaquarks
3. 学会等名 Diquark correlations in Hadron Physics: Origin, Impact and Evidence (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sachiko Takeuchi
2. 発表標題 X(3872) by a quark-hadron hybrid model with the OPEP S-D-wave coupling
3. 学会等名 Workshop on "Physics of heavy-quark and exotic hadrons" KEK Tokai (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹内幸子, 瀧澤誠
2. 発表標題 クォーク模型から導出した $q_3cc$ ペンタクォーク共鳴チャネルのパリオン-メソン相互作用
3. 学会等名 日本物理学会 第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 瀧澤誠, 竹内幸子
2. 発表標題 Y(4260)の構造について
3. 学会等名 日本物理学会 第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口康宏, Alessandro Giachino, 竹内幸子, Elena Santopinto, 瀧澤誠, 保坂淳
2. 発表標題 反D中間子とチャームバリオンによるハドロン分子状態の解析
3. 学会等名 日本物理学会 第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹内幸子
2. 発表標題 Y(4260)と (2170)の4クォーク構造について その1
3. 学会等名 日本物理学会 2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 瀧澤誠
2. 発表標題 Y(4260)と (2170)の4クォーク構造について その2
3. 学会等名 日本物理学会 2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口康宏
2. 発表標題 ハドロン分子における5クォーク状態が作る近距離引力
3. 学会等名 日本物理学会 2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 瀧澤誠
2. 発表標題 Y(4260)と (2170)の4クォーク構造について
3. 学会等名 K E K理論センター研究会『ハドロン・原子核物理の理論研究最前線 2017』
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹内幸子
2. 発表標題 JP=1-のqqbar-QQbar系の構造について
3. 学会等名 日本物理学会 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内幸子
2. 発表標題 重いクォーク対を含むストレンジネス・ペンタクォークについて
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 瀧澤 誠
2. 発表標題 5クォーク状態との結合を含むヘビークォーク有効模型によるヒドゥンチャームペンタクォークの研究
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 竹内幸子
2. 発表標題 バリオン-メソン散乱におけるカラー8重項共鳴の研究
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会（オンライン開催）
4. 発表年 2020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
研究 分 担 者	瀧澤 誠  (Takizawa Makoto)  (90297044)	昭和薬科大学・薬学部・講師   (32624)	