慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	チャーム・ボトムハドロン分子/原子核の解明に向けた重いハドロン有効相互作用の構築
Sub Title	Effective interactions of heavy hadrons for charm and bottom hadronic molecules and nuclei
Author	安井, 繁宏(Yasui, Shigehiro) 新田, 宗土(Nitta, Muneto) 山口, 康宏(Yamaguchi, Yasuhiro) 池田, 陽一(Ikeda, Yōichi)
Publisher	
Publication year	2021
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2020.)
JaLC DOI	
Abstract	チャームやボトムをもつ重いハドロン・クォークが核物質・クォーク物質に不純物として存在するときに発現する媒質効果を理論的に研究した。まず不純物効果について微視的な相互作用をもとにして不純物エネルギーやスピン-アイソスピン近藤効果やQCD(カラー)近藤効果を議論した。とくに非摂動的な効果に着目するために場の理論をベースにした理論展開をすることによって不純物効果を系統的に調べた。さらに媒質そのものの性質を詳しくみるために様々な物質相の可能性を議論した。核物質について中性子P波超流動の性質を主にGinzburg-Landau方程式を用いて系統的に調べることによって核物質のもつ新しい性質を明らかにした。 I researched the properties of the medium effect when the heavy hadrons and quarks with charm or bottom flavor exists as impurity particles in the nuclear and quark matter. Firstly, I discussed the impurity energies, the spin-isospin Kondo effect, and the QCD (color) Kondo effect from the view of the microscopic interaction. Especially I focused on the systematic study in the field-theoretical framework, paying an attention to the nonperturbative effect caused by the impurities. Secondly, I discussed the possible variety of phases of high-density matter in order to make the role of the medium effect clear. I applied the Ginzburg-Landau theory to research the properties of neutron P-wave superfluids, and discussed new properties of high-density nuclear matter.
Notes	研究種目：基盤研究 (C) (一般) 研究期間：2017～2020 課題番号：17K05435 研究分野：理論原子核物理学
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_17K05435seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　３ 年　６ 月 １８ 日現在

機関番号：３２６１２
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2017～2020
課題番号：１７Ｋ０５４３５

研究課題名（和文）チャーム・ボトムハドロン分子/原子核の解明に向けた重いハドロン有効相互作用の構築

研究課題名（英文）Effective interactions of heavy hadrons for charm and bottom hadronic molecules and nuclei

研究代表者
安井　繁宏（Yasui, Shigehiro）

慶應義塾大学・自然科学研究教育センター（日吉）・訪問研究員

研究者番号：００５３５３４６

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）：チャームやボトムをもつ重いハドロン・クォークが核物質・クォーク物質に不純物として存在するときに発現する媒質効果を理論的に研究した。まず不純物効果について微視的な相互作用をもとにして不純物エネルギーやスピン-アイソスピン近藤効果やQCD(カラー)近藤効果を議論した。とくに非摂動的な効果に着目するために場の理論をベースにした理論展開をすることによって不純物効果を系統的に調べた。さらに媒質そのものの性質を詳しくみるために様々な物質相の可能性を議論した。核物質について中性子P波超流動の性質を主にGinzburg-Landau方程式を用いて系統的に調べることによって核物質のもつ新しい性質を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義
チャームやボトムのような重いハドロンについて真空における様々な新奇なハドロン状態(エキゾチックハドロン)の実験観測が報告されている。一般的にこれらはマルチクォーク状態であると考えられており、素粒子標準理論の一つである量子色力学におけるカラー閉じ込め問題と密接に関係しているテーマを与える。一方で重いハドロン・クォークは真空のみならず有限密度媒質にも存在することが可能である。このような状態は高エネルギー加速器施設において研究される可能性があるため、今回の理論的な研究によって媒質の新しい性質を明らかにするとともに重いハドロン・クォークによる様々な不純物効果を予言した。

研究成果の概要（英文）：I researched the properties of the medium effect when the heavy hadrons and quarks with charm or bottom flavor exists as impurity particles in the nuclear and quark matter. Firstly, I discussed the impurity energies, the spin-isospin Kondo effect, and the QCD (color) Kondo effect from the view of the microscopic interaction. Especially I focused on the systematic study in the field-theoretical framework, paying an attention to the nonperturbative effect caused by the impurities. Secondly, I discussed the possible variety of phases of high-density matter in order to make the role of the medium effect clear. I applied the Ginzburg-Landau theory to research the properties of neutron P-wave superfluids, and discussed new properties of high-density nuclear matter.

研究分野：理論原子核物理学

キーワード：重いフレーバー　不純物効果　近藤効果　中性子P波超流動

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

１．研究開始当初の背景　今世紀に入って重いフレーバー(チャーム，ボトム)を含むハドロン(重いハドロン)について、従来のクォークモデルでは説明が難しい、新しいハドロン状態が多数発見された。このように通常のハドロンとは異なる状態はエキゾチックハドロンと総称される。とくに、重いフレーバーを含むエキゾチックハドロンはX, Y, Zあるいは Pc などと呼ばれる。これらの正体として、マルチクォーク(4つ，5つのクォークのコンパクトな複合状態)やハドロン分子などが候補として挙げられており、クォークのカラー閉じ込めやハドロン間の相互作用の観点から重要な研究課題であることが知られている。一方で、ハドロン相互作用の観点として有限密度の核媒質における重いフレーバーのハドロンの性質を探ることも興味深い課題である。このような状態はチャーム原子核(ボトム原子核)と呼ばれ、ストレンジネス原子核のフレーバー拡張として注目されている。しかし、重いハドロンの相互作用や核媒質中での重いハドロンの性質の理論的な理解について定量的な議論のみならず定性的な議論も不十分であるのが現状である。

２．研究の目的　本研究は、重いハドロンの相互作用および核物質中での性質の解明を目指す。とくにハドロン相互作用について、重いクォークの有効理論(heavy quark effective theory, HQET)におけるスピン対称性を考慮し、アイソスピン対称性も含めてハドロンモデルを構築する。それを基礎として核物質中における重いハドロン(例：Λc, Σc, Σc*バリオン，D, D*メソン)と核子の相互作用を与えて、重いハドロンと核物質がお互いに与える影響を評価する。スピン対称性およびアイソスピン対称性は非可換群であるために物性系での近藤効果と類似的な効果が生じることに着目して、媒質効果としてスピン-アイソスピン近藤効果を議論する。

３．研究の方法　ハドロン自由度あるいはクォーク自由度について有効ハミルトニアンを用いた解析を行う。重いハドロン・クォークを不純物とみなして核物質あるいはクォーク物質による媒質効果に注目した議論を行う。
(1) マルチクォーク状態の議論のために、５クォークについてクォークモデルのハミルトニアンを解析する。グルーオンの自由度があらわに存在する、ハイブリッドハドロンについて、hyper-coordinate 法を用いてハミルトニアンの固有状態を求めて、漸近的な２ハドロン状態との結合を取り入れて崩壊モードを分類して崩壊定数を評価する。
(2) Λc チャーム(ボトム)バリオンが原子核に存在するときの束縛エネルギーについて、スピン対称性をもつ有効モデルによる核子-ホールのループ計算によって評価する。Σc, Σc*バリオンあるいはD, D*メソンによるスピン-アイソスピン近藤効果について摂動的な議論を行う。
(3) 核物質の性質として中性子の P 波超流動の相図を調べる。フェルミオン理論(Bogoliubov-de Gennes 方程式)とともにその有効理論であるボソン理論(Ginzburg-Landau 方程式)を用いて、強磁場、境界条件、欠陥、量子渦などの効果を議論する。
(4) 超高密度状態における重いクォークの新しい性質として QCD 近藤効果を議論する。有効モデルとして Nambu-Jona-Lasinio 型の相互作用に基づいて、平均場近似による近藤凝縮および励起状態について議論する。
(5) ハドロン物理と物性物理の繋がりとして、スピン-軌道相互作用による近藤効果やスピン非対称化学ポテンシャルをもつ有限密度媒質における量子渦近傍の非一様状態(FFLO)を議論する。

４．研究成果

<u>（１）エキゾチックハドロンのスペクトロスコピー</u>

①チャームとストレンジネスをの両方を含む新たなペンタクォーク状態(Pcs)の質量スペクトラムを予言した。ハドロン内部のクォーク相関が Pcs のスピンパートナーの質量分離とどのように関係しているかを議論した。
②ハイブリッドメソンの質量スペクトラムと崩壊定数の解析結果を実験で観測されている Y(チャーム), ϒ(ボトム)と比較することによって、スペクトルパターンと内部構造の対応関係を明らかにした。
③まだ観測されていないチャーム-ボトムのハイブリッドメソンについて励起状態も含めた質量スペクトラムを理論的に予言した。

<u>（２）核媒質中の重いハドロン</u>

①格子 QCD 計算による散乱長の結果より、真空におけるΛc バリオンと核子の相互作用の大きさを評価して、核媒質における核子-ホールのループ効果によるΛc バリオンの質量の変化を得た。幅広い温度と密度の領域においてΛc バリオンは核物質に束縛されることを見出した。
②重いクォークのスピン対称性とアイソスピン対称性を取り入れてΣc, Σc*バリオンと核子の相互作用のラグランジアンを与えて、核子-ホールの１ループ効果による媒質効果を評価した。繰り込み群を用いてスピン，アイソスピン変換を与える相互作用項の大きさが変化することを

示して、スピンとアイソスピンが同時に絡んだ近藤効果(スピン-アイソスピン近藤効果)によって、非摂動的な多体系に変化することを示した。相互作用パラメーターの組み合わせによってはSU(4)近藤効果が存在することを示した。同様にD, D*メソンについてもスピン-アイソスピン近藤効果が起こることを示した。

(3)核媒質の性質

①ハドロン物質相におけるハイペロン超流動とクォーク物質相におけるカラー超伝導が接している領域面において量子渦によるブージャム構造が存在することを理論的に証明した。

②低密度領域における中性子1S0超流動について、強結合効果を考えて揺らぎが超流動ギャップに及ぼす影響を議論した。また低エネルギー励起モードとしてAnderson-Bogoliubovモードのエネルギー運動量分散関係を求めた。

③高密度領域における中性子3P2超流動についてGinzburg-Landau方程式の磁場のnext-to-leading項を求めて、マグネター(強力な磁場をもつ中性子星)のような強磁場における超流動相の相図を得た。

④P波超流動のGinzburg-Landau方程式はこれまでオーダーパラメーターの6次項までしか知られていなかったためにパラメーター空間全体におけるローカルな安定状態しか分からなかった。そこで高次項である8次項を求めてグローバルな安定状態の存在を示した。この8次項のために、3P2超流動の内部状態である、D4-biaxial nematic相とD2-biaxial nematic相の間に３重臨界点が存在することを明らかにした。

⑤Ginzburg-Landau方程式8次項によって与えられる3重臨界点における臨界指数を評価してユニバーサリティー関係を満たすことを示して、臨界指数はBogoliubov-de Gennes方程式によるものと一致することを示した。

⑥1次元方向Ginzburg-Landau方程式の解として準安定なドメインウォールを調べた。温度や磁場によって様々な周期構造をもつドメインウォールが存在することを示した。

⑦低密度領域と高密度領域が接している領域において中性子物質の1S0超流動と3P2超流動が共存する可能性を議論した。S波ペアとP波ペアの両方を含むGinzburg-Landau方程式を導出して、1S0相と3P2相(D4-biaxial nematic相)の共存が可能であることを示した。

(4) QCD近藤効果

①超高密度物質であるクォーク物質における重いクォーク(チャーム, ボトム)を不純物とみなしてQCD近藤凝縮まわりでの励起モードのエネルギー運動量分散関係を調べて、束縛状態として存在しうるエネルギーおよび運動量の上限を評価した。

②高密度における相対論的なクォーク物質において右巻きフェルミオンと左巻きフェルミオンが独立であることからそれぞれ別の化学ポテンシャル(カイラル化学ポテンシャル)を導入してQCD近藤効果が起こることを示した。

③これまでのQCD近藤凝縮の議論では重いクォークについて粒子のみを考えて反粒子を考えてこなかった。非相対論的な枠組みでは粒子と反粒子は独立な自由度であり、重いクォークについて粒子と反粒子を同時に考えることが可能である。そこで粒子および反粒子のそれぞれについてQCD近藤効果を考えて様々な凝縮タイプの存在を示した。

④弱い磁場下にあるクォーク物質を考えてカイラル分離効果がQCD近藤効果に及ぼす影響を議論した。軸性カレントに対する応答関数について静的極限と動的極限の振る舞いを評価して動的極限においてカイラル分離効果は増大することを示した。

(5) ハドロン系と物性系に共通する普遍性

①歪対称スピン化学ポテンシャルにおいて量子渦まわりの非一様構造としてFulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov(FFLO)状態が存在することを示した。非相対論的な中性子物質における量子渦においてこのような構造が存在することが示唆された。

②相対論的な系としてバンド交差がある系においてLS項がある場合について弱い磁場によってスピン分極が増大することを示した。このような効果はクォーク物質におけるカイラル分離効果に見られ、QCD近藤効果と共通する普遍的な性質であることが議論された。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計19件（うち査読付論文　19件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　10件）

１．著者名 Yasufumi Araki, Daiki Suenaga, Kei Suzuki, Shigehiro Yasui	４．巻 3
２．論文標題 Two relativistic Kondo effects: Classification with particle and antiparticle impurities	５．発行年 2021年
３．雑誌名 Physical Review Research	６．最初と最後の頁 023098-1-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevResearch.3.013233	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 Daisuke Inotani, Shigehiro Yasui, Takeshi Mizushima, Muneto Nitta	４．巻 103
２．論文標題 Radial Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov-like state in a population-imbalanced Fermi gas	５．発行年 2021年
３．雑誌名 Physical Review A	６．最初と最後の頁 053308-1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevA.103.053308	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 Daiki Suenaga, Yasufumi Araki, Kei Suzuki, Shigehiro Yasui	４．巻 103
２．論文標題 Chiral separation effect catalyzed by heavy impurities	５．発行年 2021年
３．雑誌名 Physical Review D	６．最初と最後の頁 054041-1-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevD.103.054041	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 Yasufumi Araki, Daiki Suenaga, Kei Suzuki, Shigehiro Yasui	４．巻 3
２．論文標題 Two relativistic Kondo effects: Classification with particle and antiparticle impurities	５．発行年 2021年
３．雑誌名 Physical Review Research	６．最初と最後の頁 013233-1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevResearch.3.013233	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 Shigehiro Yasui, Daisuke Inotani, Muneto Nitta	4．巻 101
2．論文標題 Coexistence phase of S01 and P23 superfluids in neutron stars	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Physical Review C	6．最初と最後の頁 055806-1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.101.055806	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 Daiki Suenaga, Kei Suzuki, Yasufumi Araki, Shigehiro Yasui	4．巻 2
2．論文標題 Kondo effect driven by chirality imbalance	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Physical Review Research	6．最初と最後の頁 023312-1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevResearch.2.023312	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 Daisuke Inotani, Shighehiro Yasui Shigehiro, Muneto Nitta	4．巻 102
2．論文標題 Strong-coupling effects of pairing fluctuations, and Anderson-Bogoliubov mode in neutron S01 superfluids in neutron stars	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Physical Review C	6．最初と最後の頁 065802-1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.102.065802	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 Daiki Suenaga, Kei Suzuki, Shigehiro Yasui	4．巻 2
2．論文標題 QCD Kondo excitons	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Physical Review Research	6．最初と最後の頁 023066-1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevResearch.2.023066	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 Shigehiro Yasui	4．巻 100
2．論文標題 Fate of the charm baryon Lambda_c in cold and hot nuclear matter	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Physical Review C	6．最初と最後の頁 065201-1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.100.065201	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 T. Miyamoto and S. Yasui	4．巻 99
2．論文標題 Masses and decays of the bottom-charm hybrid meson cbg	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Physical Review D	6．最初と最後の頁 094015-1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevD.99.094015	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 Yasui Shigehiro、Chatterjee Chandrasekhar、Kobayashi Michikazu、Nitta Muneto	4．巻 100
2．論文標題 Reexamining Ginzburg-Landau theory for neutron 3P2 superfluidity in neutron stars	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Physical Review C	6．最初と最後の頁 025204-1-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.100.025204	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 Yasui Shigehiro、Miyamoto Tomokazu	4．巻 100
2．論文標題 Spin-isospin Kondo effects for Sigma_c and Sigma_c* baryons and D and D* mesons	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Physical Review C	6．最初と最後の頁 045201-1-18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.100.045201	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 Yasui Shigehiro、Chatterjee Chandrasekhar、Nitta Muneto	4．巻 101
2．論文標題 Topological defects at the boundary of neutron 3P2 superfluids in neutron stars	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Physical Review C	6．最初と最後の頁 025204-1-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.101.025204	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 Yasui Shigehiro、Nitta Muneto	4．巻 101
2．論文標題 Domain walls in neutron 3P2 superfluids in neutron stars	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Physical Review C	6．最初と最後の頁 015207-1-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.101.015207	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 Mizushima Takeshi、Yasui Shigehiro、Nitta Muneto	4．巻 2
2．論文標題 Critical end point and universality class of neutron 3P2 superfluids in neutron stars	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Physical Review Research	6．最初と最後の頁 013194-1-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevResearch.2.013194	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 Miyamoto T., Yasui S.	4．巻 98
2．論文標題 Hyperspherical-coordinate approach to the spectra and decay widths of hybrid quarkonia	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Physical Review D	6．最初と最後の頁 0942027-1-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevD.98.094027	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 Yasui Shigehiro, Chatterjee Chandrasekhar, Nitta Muneto	4．巻 99
2．論文標題 Phase structure of neutron P23 superfluids in strong magnetic fields in neutron stars	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Physical Review C	6．最初と最後の頁 035213-1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.99.035213	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 Chatterjee Chandrasekhar, Nitta Muneto, Yasui Shigehiro	4．巻 99
2．論文標題 Quark-hadron continuity under rotation: Vortex continuity or boojum?	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Physical Review D	6．最初と最後の頁 034001-1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevD.99.034001	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 Yoya Irie, Makoto Oka, Shigehiro Yasui	4．巻 97
2．論文標題 Flavor-singlet hidden charm pentaquark	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Physical Review D	6．最初と最後の頁 034006-1-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevD.97.034006	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22件（うち招待講演　5件／うち国際学会　10件）

1．発表者名 安井繁宏
2．発表標題 超高密度物質における重いフレーバー不純物とQCD近藤効果
3．学会等名 日本物理学会2021年年次大会（招待講演）
4．発表年 2021年

１．発表者名 安井繁宏
２．発表標題 中性子星内部における1S0，3P2超流動の共存相
３．学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
４．発表年 2020年

１．発表者名 S. Yasui
２．発表標題 Heavy Hadrons in Nuclear Matter
３．学会等名 Workshop on Chiral and heavy quark symmetries in quark-hadron physics（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 S. Yasui
２．発表標題 Aspects of neutron P-wave superfluidity in neutron stars
３．学会等名 Quarks and Compact Stars 2019 (QCS2019)（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 安井繁宏，宮本朋和
２．発表標題 核物質中の重いハドロンによるスピン-アイソスピン近藤効果
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 安井繁宏，新田宗土，水島健
２．発表標題 中性子星内部の中性子 P 波超流動の臨界点における臨界指数の解析
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 安井繁宏，新田宗土
２．発表標題 中性子星内部の中性子 P 波超流動におけるドメインウォール
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 猪谷太輔，安井繁宏，新田宗土
２．発表標題 スピンインバランスを有する s 波超流動中の渦芯周りにおけるパリティ混成効果
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 猪谷太輔，安井繁宏，新田宗土
２．発表標題 中性子星内部の超流動状態における対形成揺らぎの影響
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 末永大輝，鈴木渓，安井繁宏
２．発表標題 QCD 近藤効果における、自発的対称性の破れと揺らぎの解析
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 S. Yasui
２．発表標題 Heavy baryons in nuclear systems
３．学会等名 International Workshop on Realistic Hadron Interaction in QCD（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 S. Yasui
２．発表標題 Charm baryons in nuclear matter
３．学会等名 Workshop on Dense Matter from Chiral Effective Theories 2018（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 S. Yasui, C. Chatterjee, M. Nitta
２．発表標題 Effects of strong magnetic fields on neutron 3P2 vortices in spin-orbit interactions
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 C. Chatterjee, S. Yasui, M. Nitta
２．発表標題 Quark-hadron continuity under rotation: vortex continuity or boojum?
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 S. Yasui
２．発表標題 The Kondo effects for heavy quarks and hadrons
３．学会等名 The 50th REIMEI Workshop "Universal Physics in Many-Body Quantum Systems -From Atoms to Quarks-"（招待講演）
４．発表年 2018年

１．発表者名 S. Yasui
２．発表標題 Heavy Hadrons in Nuclear Matter
３．学会等名 Korea-Japan Joint Workshop on the Present and the Future in Hadron Physics at J-PARC（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 S. Yasui
２．発表標題 Heavy hadrons in atomic nuclei and nuclear matter
３．学会等名 The Joint Meeting of the Nuclear Physics Division of the American Physical Society and the Physical Society of Japan（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 S. Yasui, C. Chatterjee, M. Nitta
２．発表標題 Effects of strong magnetic fields on neutron 3P2 vortices in LS potentials
３．学会等名 The Joint Meeting of the Nuclear Physics Division of the American Physical Society and the Physical Society of Japan（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 安井繁宏, C. Chatterjee, 新田宗土
２．発表標題 中性子星内部の 3P2 超流動の相境界
３．学会等名 日本物理学会2019年次大会
４．発表年 2019年

１．発表者名 C. Chatterjee, M. Nitta, S. Yasui
２．発表標題 Quark-hadron continuity under rotation: vortex continuity or boojum?
３．学会等名 日本物理学会2019年次大会
４．発表年 2019年

１．発表者名 Shigehiro Yasui, Tetsuo Hyodo, Yan-Rui Liu, Makoto Oka
２．発表標題 Exotic doubly-charmed meson production in high-energy electron-positron collisions
３．学会等名 International workshop on Hadron and Nuclear Physics 2017（国際学会）
４．発表年 2017年

１．発表者名 安井繁宏
２．発表標題 励起クォーコニウムの崩壊-軽いメソンの放出過程-
３．学会等名 日本物理学会2018年次大会
４．発表年 2017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	新田　宗土 (Nitta Muneto) (60433736)	慶應義塾大学・商学部（日吉）・教授 (32612)	

	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
研究協力者	山口　康宏 (Yamaguchi Yasuhiro)		
研究協力者	池田　陽一 (Ikeda Yoichi)		

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