

令和 5 年 4 月 30 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05236

研究課題名（和文）クォークから中性子星へ：QCDの挑戦

研究課題名（英文）From Quarks to Neutron Stars: Challenges in QCD

研究代表者

初田 哲男 (Hatsuda, Tetsuo)

国立研究開発法人理化学研究所・数理創造プログラム・プログラムディレクター

研究者番号：20192700

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 91,600,000円

研究成果の概要（和文）：高密度バリオン物質と中性子星の構造解明は、21世紀の原子核物理学における最重要課題の一つであり、素粒子物理学および宇宙物理学の基本問題とも密接に関係している。本研究では、高密度物質を構成するハイペロンや核子に働く相互作用を、格子QCDの大規模シミュレーションにより導出することに世界で初めて成功した。その成果の一部については、CERNの大型ハドロン衝突型加速器（LHC）で検証実験が行われている。さらに、高密度におけるバリオン物質相からクォーク物質相への相変化を扱うハイブリッド型状態方程式を構築し、それを用いた連星中性子星合体シミュレーションを実行して、放出される重力波に相変化の兆候を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

最も高密度の天体である中性子星の内部構造は、現代物理学における重要な未解明問題の一つであり、超新星爆発や連星中性子星合体などの爆発的天体現象、それに伴う重元素の生成機構、ブラックホールの形成機構などを解明する上での鍵となる。本研究は、中性子星中心部にある高密度物質の性質を、京や富岳などのスーパーコンピュータを駆使して、素粒子（クォーク）の力学から解明しようとするものである。高密度物質内の粒子間に働く相互作用に関する本研究の成果については、CERNの大型加速器施設を用いた検証実験が行われており、計算物理学と実験物理学の連携研究という潮流も生み出した。

研究成果の概要（英文）：Elucidation of the structure of high-density baryonic matter and neutron stars is one of the most important issues in nuclear physics in the 21st century, and is closely related to fundamental problems in particle physics and astrophysics. In this study, we succeeded for the first time in the world in deriving the interactions acting on hyperons and nucleons that constitute dense matter by large-scale simulations of lattice QCD. Some of the results have been validated at the Large Hadron Collider (LHC) at CERN. Furthermore, we constructed a hybrid-type equation of state for the phase change from the baryon matter phase to the quark matter phase at high density, and performed a binary neutron star merger simulation using it, and found signatures of the phase change in the emitted gravitational waves.

研究分野：ハドロン物理学

キーワード：格子量子色力学 ハドロン間相互作用 高密度核物質 中性子星

## 1. 研究開始当初の背景

「高密度バリオン物質と中性子星の構造解明」は、21世紀の原子核物理学における最重要課題の一つであり、素粒子物理学および宇宙物理学の基本問題とも密接に関係している。ここで高密度とは、中性子星の内部で実現されるような、原子核密度( $\sim 2 \times 10^{14} \text{g/cm}^3$ )を越える領域を指す。そのような環境下では、高密度物質を構成するバリオン同士に働くバリオン間相互作用が本質的に重要となる。また、ハイペロン(ストレンジクォークを含むバリオン)は、高密度の中性子星中心部に出現することが予想され、その出現はバリオン物質の圧力を下げ、標準的な中性子星を重力崩壊に導く可能性がある(ハイペロンパズル)。これらの問題を解決するため、素粒子の基礎理論であるQCD(量子色力学)に基づいたバリオン間相互作用の研究が、本研究代表者らのおおHAL QCD 共同研究グループにより開始されている、観測面では、太陽質量の1.17-1.6倍の範囲にある中性子星の合体から放出される重力波がLIGO/Virgoにより2017年に報告され(GW170817)、2019年にはX線観測衛星NICERによる中性子星半径の最初の測定結果も報告された。基礎理論の進展と新たな観測がタイミングよく交差している現在、両者の定量的比較の鍵となる高密度バリオン物質の標準状態方程式をQCDに基づいて構築することは、素粒子・原子核・宇宙に関連する喫緊の課題となっている。

## 2. 研究の目的

連星中性子星合体の重力波波形から得られる中性子星の質量・半径・潮汐変形などを中性子星の内部構造の情報に結びつけるには、高密度バリオン物質の状態方程式(圧力とエネルギー密度の関係式)を微視的に導出しておく必要がある。本研究代表者と分担者は、格子QCDによる核力やハイペロン力の導出手法の開発や、クラスター変分法など量子多体問題手法の開発を行ってきた実績を持つ。本基盤研究では、バリオン間相互作用に対する格子QCD計算を集中的に推進し、それをインプットに量子多体計算手法による状態方程式の構築を行う。得られた状態方程式を数値テーブル化し、国内外の数値一般相対論グループに提供することで、観測頻度が高まると期待される連星中性子星の合体事象の解析への応用を促す。さらに原子核密度の5倍以上の超高密度では、バリオン相はクォーク相にとって代わられる。これについては、研究代表者らの提唱するハイブリッド法に基づいたハドロン-クォーク物質状態方程式を作成し、その数値テーブルを国内外に公開して、クォーク物質が重力波形に及ぼす影響の研究を促進する。2020年度までは主として京コンピュータで生成された大規模格子QCD配位の数値解析、2021年以降は主として富岳コンピュータを用いた大規模格子QCD計算とその数値解析を行う。高密度状態方程式の構築については、ハイペロンの結合チャンネルを考慮したクラスター変分法の定式化、現象論的バリオン間力や格子QCDバリオン間力を用いた高密度状態方程式の構築、クォーク物質の混在を考慮した超高密度状態方程式の構築を行い、数値テーブル化して公開する。

## 3. 研究の方法

### [テーマ I] 格子QCDによるバリオン間相互作用

京および富岳コンピュータを用いた格子QCD計算に基づくバリオン間相互作用の導出と、得られたバリオン間相互作用を用いた少数粒子系厳密計算を行う。また、格子QCD計算の高精度化に資するラプラス-ヘビサイド(LapH)アルゴリズムのベンチマークテストと実装を行い、s波、d波だけでなく、p波相互作用の導出に繋げる。

### [テーマ II] クラスター変分法による高密度状態方程式

結合チャンネル効果を取り入れたクラスター変分法の開発を進める。また、数値相対論シミュレーションと観測の比較から、高密度状態方程式への観測的制限を与える。さらに、 $S=-1$ のハイペロン相互作用に関する格子QCD計算の実行と、その高精度化を行い、ハイペロン物質状態方程式の構築に繋げる。

[テーマ I]と[テーマ II]の研究内容を実験・観測と関連付けることで、「QCDに基づく高密度状態方程式の構築」を理論・実験・観測の三位一体で進展させる。特に格子QCD計算から導出されるハイペロン相互作用の検証を行うため、加速器実験、ハイパー核分光、中性子星観測との連携を拡大する。

#### 4. 研究成果

##### [テーマ I] 格子QCDによるバリオン間相互作用

##### 格子QCDによるハイペロン相互作用

本研究では、HAL QCD Coll. のメンバーと共同で、京コンピュータで生成した物理点近傍( $\pi$ 中間子質量=146MeV)の(2+1)-フレーバーゲージ配位を用いたバリオン間相互作用の解析を行った。S(ストレンジネス)=-2に関する主要結果は以下の3点にまとめられる(図1) : (i)  $\Lambda\Lambda$ 相互作用は低エネルギーで弱い引力を持つこと、(ii) T(アイソスピン)1重項の $N\Xi$ 相互作用は低エネルギーで強い引力を持つこと、(iii) 両チャンネルの結合は短距離でのみ働くこと。これらの結果は、QCDの第一原理計算からS=-2のハイペロン相互作用の正体を世界で初めて明らかにしたという意義を持つもので、Nucl. Phys. A98, 121737 (2020)として出版された。

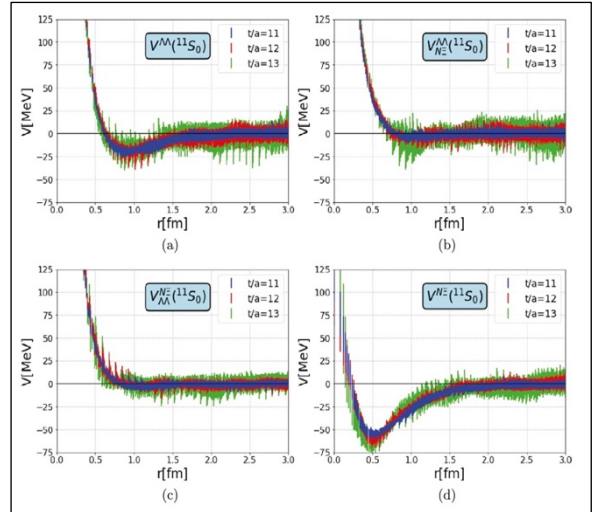


図1：京コンピュータを用いて行った格子QCDによる $\Lambda\Lambda$ - $N\Xi$ 結合チャンネル相互作用。

##### LHCでの2粒子相関実験によるハイペロン相互作用の検証

上記結果は、 $\Lambda\Lambda$ 閾値以下のHダイバリオンの存在を否定するものであり、30年以上にわたるHダイバリオンの問題に終止符を打った。また、CERNの大型ハドロン衝突型加速器(LHC)におけるppおよびpA衝突でのバリオン対運動量相関を用いたハイペロン相互作用の研究(フェムトスコピー)が近年急速に進展し、ALICE国際共同実験グループ(ALICE Coll.)による $\Lambda\Lambda$ 相互作用や $N\Xi$ 相互作用の直接検証に大きな物理的動機を与えた。

ALICE Coll. が2020年に出版した論文(Nature 588, 232 (2020))では、HAL QCD Coll. による $N\Xi$ 相互作用の格子QCD計算結果とALICE Coll. の $N\Xi$ 相関実験結果が比較され、両者が定量的にも一致することが報告された(図2)。さらに、S=-3の $N\Omega$ 相互作用についても、HAL QCD Coll. の理論的予言とALICE Coll. 実験データの半定量的一致が報告されている。これらの成果は、格子QCD計算の予言が大規模加速器実験で検証されるという当該分野の新しい潮流の先駆けとなった。また、これを契機に、ALICE Coll. とHAL QCD Coll. の実験-理論共同研究が開始された。

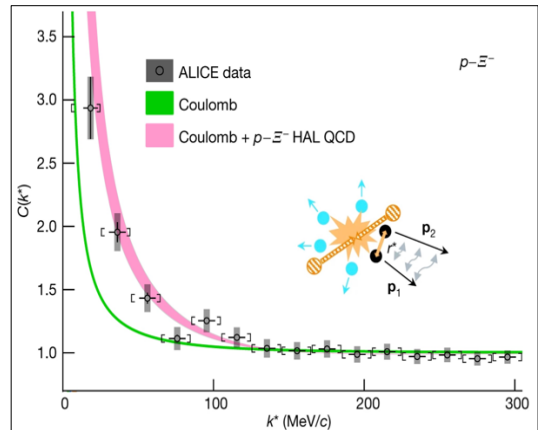


図2：LHC ALICE 国際共同実験グループのフェムトスコピー実験による $N\Xi$ 粒子相関 $C(k^*)$ の相対運動量( $k^*$ )依存性 [Nature (2020)]。

##### $\Xi$ ハイパー核を用いたハイペロン相互作用の検証

本研究でのハイペロン相互作用に関する格子QCD計算結果は、 $\Xi$ 粒子が原子核に結合した“ $\Xi$ ハイパー核”の存在とも密接に関係している。特に、2015年と2021年に報告された深く束縛した $\Xi$ ハイパー核(Nakazawa et al., PTEP 2015, PTEP 2021)の存在は、上記の本研究結果(i) (ii) (iii)と定性的に整合している。さらに、本研究では、少数量子多体系計算(ガウス展開法)の専門家と協力し、 $\Xi N$ 相互作用のスピン・アイソスピン依存性を、未知の $\Xi$ ハイパー核( $\Xi N\alpha\alpha$ の束縛系)の生成実験で検証できることを示した。具体的には、 $2\alpha$ のコアのまわりに広がって分布する $N$ と $\Xi$ を用い、 $\Xi N\alpha\alpha$ 束縛状態の量子数とエネルギー準位から $N\Xi$ 相互作用のスピン・アイソスピン依存性を同定しようという提案で、J-PARCにおける $^{10}\text{B}$ 標的を用いた( $K, K^+$ )および( $K^-, K^0$ )反応によって検証が期待される。

### 中性子星内部のハイペロン相互作用

中性子星構造論の観点からは、 $S=-2$ のハイペロン相互作用は、高密度核物質中での $\Xi$ 粒子の発現密度や $\Lambda$ 粒子の超流動を探る上での鍵となる。本研究では、量子多体計算手法（ブルックナー理論）に基づいて、これら物理量と格子QCDによるハイペロン相互作用を関連付ける研究を行った (Few-Body Syst. **62**, 106 (2021))。 $\Lambda$ ,  $\Xi$ ,  $\Sigma$ などのハイペロンが核物質中で感じる有効ポテンシャルの符号や強さ(図3)は、ハイパー核実験から抽出された値と整合しており、格子QCD計算が、ハイパー核構造論や中性子星構造論に関して有力な第一原理的情報を与えることがわかった。

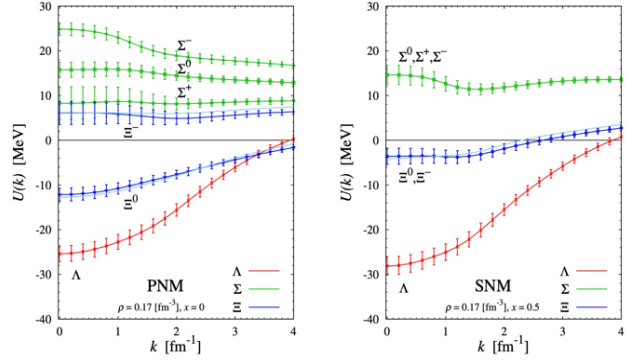


図 3: 通常核密度 $\rho_0$ のPNM(中性子物質)あるいはSNM(核物質)内にある運動量 $k$ を持つハイペロンが感じる有効ポテンシャル $U(k)$ .

### HAL QCD 法の理論的拡張

本研究の参画者らが開発した HAL QCD 法は、第一原理計算によりバリオン間相互作用を導出できる唯一の現実的手法であることがここ数年で明らかになった。一方で、その高精度化には、更なる理論的進展とアルゴリズム開発が必要で、本研究の期間中、以下の点について開発と実装を行った。(i) 物理状態とより強く結合する“最適化演算子構成法”の開発, (ii) 低エネルギー散乱情報を低コストで引き出すための“LapH 法”の実装, (iii) 格子上での角運動量混合を分離・低減するための“Misner 法”の開発と実装。

### 富岳コンピュータによるゲージ配位生成

2020年-2022年は、京コンピュータ(11PFlops)で生成した物理点近傍( $\pi$ 中間子質量=146MeV)の(2+1)-フレーバーゲージ配位(京配位)を用いた成果を発表した。2021年からは、富岳コンピュータ(440PFlops)を用いた物理点( $\pi$ 中間子質量=137MeV)での(2+1)-フレーバーゲージ配位(富岳配位)の生成を開始し、2023年3月までに生成を完了した。2023年度以降は、富岳配位を用いたバリオン間相互作用、特に $S=-1$ のハイペロン力に関する物理成果を発表予定である。

## [テーマ II] クラスタ変分法による高密度状態方程式

### 拡張クラスタ変分法によるハイペロン混在物質

高密度物質中でハイペロン混在が始まると $\Lambda N$ - $\Sigma N$ 結合のような非対角項を定量的に評価する必要があり、そのためには従来のクラスタ変分法の拡張が不可欠となる。本研究では、各種バリオンの線型結合状態として準粒子を導入し、その準粒子状態におけるバリオン混合率を変化させることにより結合チャネル相互作用を取り入れた“拡張クラスタ変分法”の定式化を完成し、その具体例として $np\Lambda\Sigma$ 物質のエネルギー計算を行なった。

### ハドロン-クォーク・クロスオーバー状態方程式の構築

本研究では、ハドロン相とクォーク相が滑らかにクロスオーバーし、最大質量が太陽質量の2倍以上で、11-13km程度の半径を持ち、重力波観測波形とも矛盾しない潮汐変形率を持つ中性子星が実現可能であることを示した。微視的EOS (Togashi EOS) と、カイラル有効場理論による現象論的EOS (Chiral EOS) の場合について具体的結果を発表し (ApJ **885**, 42 (2019), ApJ **934**, 46 (2022)) (図4) として出版するとともに、これらの数値テーブルを、国際的なEOSデータベース CompOSEに登録し、中性子星の構造計算や、連星中性子星合体の一般相対論的シミュレーションに供している。

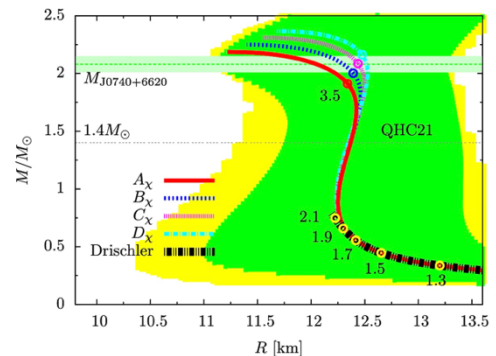


図 4: クロスオーバー描像(QHC21)に基づく中性子星の質量(M)-半径(R)関係 [P3]。A~D は異なる硬さを持つクォーク物質相を表す。

## 連星中性子星合体後の重力波波形に対するクォーク相の影響

上記研究で示したように、ハドロン相からクォーク相へクロスオーバー転移がある場合には、クロスオーバー領域で状態方程式が硬化し音速にピークがあらわれる(図5)。本研究では、連星中性子星合体の一般相対論的シミュレーションの専門家と協力し、クロスオーバー領域で音速のピークを与えるQHC19やQHC21状態方程式が、合体後の重力波波形に与える影響を調べた。その結果、合体後の重力波の主要成分となる3000Hz周辺のスペクトルが、クロスオーバー領域における音速ピークの存在に敏感であり(図6)、アインシュタイン望遠鏡をはじめとする第3世代の重力波検出装置で数千Hz帯域で複数の合体事象を観測できれば、低温のクォーク物質に関して有益な情報が得られることを指摘した。この結果は、Phys. Rev. Lett. **129**, 181101 (2022)として出版されるとともに、APS Physics SYNOPSISにおいて、“Listening to Equation-of-State Changes”として取り上げられた。

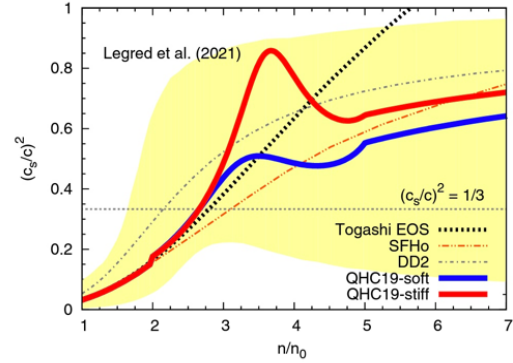


図 5: クロスオーバー描像(QHC19)に基づく高密度物質の音速の密度依存性。

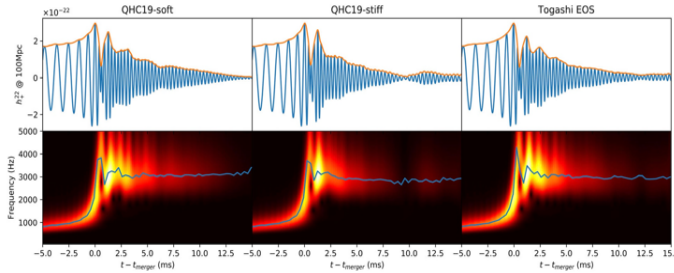
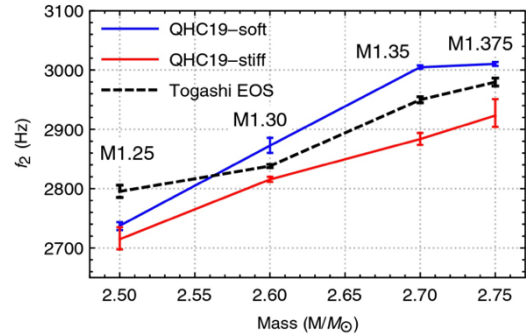


図 6: 連星中性子星合体後の重力波に主要強度を与える振動数( $f_2$ )の EOS 依存性。



## 当初に予見していなかった新たな展開等によって得られた研究成果

本研究をすすめる上での理論的支柱である HAL QCD 法は、ストレンジネスを含むバリオン間相互作用だけでなく、メソン-バリオン相互作用やメソン-メソン相互作用にも適用可能である。また、軽いクォーク (u, d, s) だけでなく、チャームクォーク (c) を含むハドロンにも広く適用可能である。本研究期間中の後半には、LHC の ALICE Coll. が、核子と  $\phi$  中間子の相互作用に関するフェントスコーピー解析により、 $N-\phi$  に引力相互作用があることを報告した (Phys. Rev. Lett. **127**, 172301 (2021))。また、LHCb Coll. が、チャームクォークを2つ含むテトラクォーク  $T_{cc}$  を発見するなど (Nature Physics **18**, 751 (2022))、エキゾチックハドロンの実験研究が急速に進んでいる。この機会を捉え、HAL QCD 法をエキゾチックハドロンを研究する有力な手法として活用する目的で、本研究の参画者が中心となり、 $N-\phi$  引力相互作用とその起源 (特に長距離での2パイオン交換の重要性) を明らかにした (Phys. Rev. D **106**, 074507 (2022)) を発表し、さらに ALICE Coll. のメンバーと共同で、スピン1のチャネルでの  $N-\phi$  束縛状態の存在を予言した。

また、 $D-D^*$  の相互作用を HAL QCD 法で求めることで、LHCb Coll. が発見した非常に浅い  $T_{cc}$  束縛状態が格子 QCD の第一原理計算で得られることを示した (図7) (arXiv:2302.04505)。これらの研究を通してエキゾチックハドロンの実験研究と HAL QCD 法による格子計算の密接な交流が生まれている。

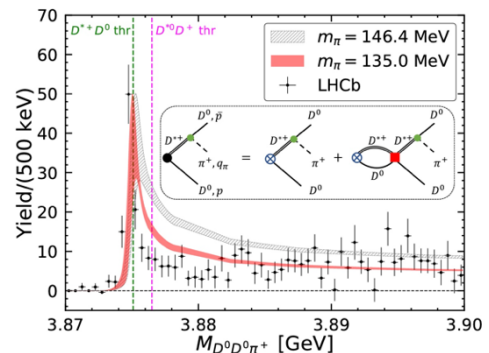


図 7: LHCb Coll. による  $T_{cc}$  のスペクトルと、格子 QCD 計算の物理点への外挿で得られたスペクトル。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計42件（うち査読付論文 41件 / うち国際共著 11件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Y. Fujimoto, K. Fukushima, K. Hotokezaka, K. Kyutoku	4. 巻 130
2. 論文標題 Gravitational wave signal for quark matter with realistic phase transition	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 19404
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.130.091404	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 Y.J. Huang, L. Baiotti, T. Kojo, K. Takami, H. Sotani, H. Togashi, T. Hatsuda, S. Nagataki, Yi-Z. Fan	4. 巻 129
2. 論文標題 Merger and post-merger of binary neutron stars with a quark-hadron crossover equation of state	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 181101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.129.181101	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 E. Hiyama, M. Isaka, T. Doi, T. Hatsuda	4. 巻 106
2. 論文標題 Probing the interaction through inversion of spin-doublets in nuclei	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 64318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.106.064318	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 T. Kojo, G. Baym, T. Hatsuda,	4. 巻 934
2. 論文標題 Implications of NICER for Neutron Star Matter: The QHC21 Equation of State	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac7876	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 Y. Lyu, H. Tong, T. Sugiura, S. Aoki, T. Doi, T. Hatsuda, J. Meng, T. Miyamoto	4. 巻 105
2. 論文標題 Optimized two-baryon operators in lattice QCD	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 74512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.105.074512	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 Y. Kamiya, K. Sasaki, T. Fukui, T. Hyodo, K. Morita, K. Ogata, A. Ohnishi, T. Hatsuda	4. 巻 105
2. 論文標題 Femtoscopic study of coupled-channels and interactions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 14915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.105.014915	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 Y. Lyu, T. Doi, T. Hatsuda, Y. Ikeda, J. Meng, K. Sasaki, T. Sugiura	4. 巻 106
2. 論文標題 Attractive - Interaction and Two-Pion Tail from Lattice QCD near Physical Point	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 74507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.106.074507	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 S. Aoki and K. Yazaki	4. 巻 2022
2. 論文標題 Derivative expansion in the HAL QCD method for a separable potential	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PTEP	6. 最初と最後の頁 033B04
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptab168	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 Y. Lyu, H. Tong, T. Sugiura, S. Aoki, T. Doi, T. Hatsuda, J. Meng, T. Miyamoto	4. 巻 127
2. 論文標題 Dibaryon with Highest Charm Number near Unitarity from Lattice QCD	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 72003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.127.072003	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 Y. Akahoshi, S. Aoki and T. Doi	4. 巻 D104
2. 論文標題 Emergence of the resonance from the HAL QCD potential in lattice QCD	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Rev.	6. 最初と最後の頁 54510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.104.054510	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 T. Inoue, and HAL QCD Collaboration	4. 巻 62
2. 論文標題 Baryon Interactions from QCD on Lattice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Few-Body Syst.	6. 最初と最後の頁 106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00601-021-01685-2	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 Y. Kamiya, K. Sasaki, T. Fukui, T. Hyodo, K. Morita, K. Ogata, A. Ohnishi, and T. Hatsuda	4. 巻 C105
2. 論文標題 Femtoscopic study of coupled-channels N and interactions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Rev.	6. 最初と最後の頁 14915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.105.014915	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 Koutarou Kyutoku, Masaru Shibata, Keisuke Taniguchi	4. 巻 24
2. 論文標題 Coalescence of black hole-neutron star binaries	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Living Reviews in Relativity	6. 最初と最後の頁 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12942/lrr-2011-6	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, Y. Akahoshi, S. Aoki, T. Aoyama, T. Doi, S. Gongyo and K. Sasaki	4. 巻 D101
2. 論文標題 Partial wave decomposition on the lattice and its applications to the HAL QCD method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev.	6. 最初と最後の頁 74514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.074514	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 Y. Akahoshi, S. Aoki, T. Aoyama, T. Doi, T. Miyamoto and K. Sasaki	4. 巻 2020
2. 論文標題 The HAL QCD potential in $I=1$ $\pi\pi$ system with the $\rho$ meson bound state	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Prog. Theor. Exp. Phys	6. 最初と最後の頁 073B07
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa087	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 S. Aoki and T. Doi	4. 巻 8
2. 論文標題 Lattice QCD and baryon-baryon interactions: HAL QCD method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Front. Phys.	6. 最初と最後の頁 307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphy.2020.00307	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 K. Murakami, Y. Akahoshi and S. Aoki	4. 巻 2020
2. 論文標題 S-wave kaon-nucleon potentials with all-to-all propagators in the HAL QCD method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Prog. Theor. Exp. Phys	6. 最初と最後の頁 093B03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa118	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 S.Gongyo, K. Sasaki, T. Miyamoto, S. Aoki, T.Do, T. Hatsuda, Y. Ikeda, T.Inoue, N. Ishii	4. 巻 811
2. 論文標題 d*(2380) dibaryon from lattice QCD	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics Letters	6. 最初と最後の頁 135935
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physletb.2020.135935	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 T. Inoue and HAL QCD Collaboration	4. 巻 1643
2. 論文標題 Study of $\Lambda$ -atom based on the $\Lambda$ -N interaction from QCD on lattice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 12171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1643/1/012171	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 Sho Fujibayashi, Masaru Shibata, Shinya Wanajo, Kenta Kiuchi, Koutarou Kyutoku, Yuichiro Sekiguchi	4. 巻 D101
2. 論文標題 Mass ejection from disks surrounding a low-mass black hole: Viscous neutrino-radiation hydrodynamics simulation in full general relativity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review	6. 最初と最後の頁 83029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.083029	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 Kenta Kiuchi, Kyohei Kawaguchi, Koutarou Kyutoku, Yuichiro Sekiguchi, Masaru Shibata	4. 巻 D101
2. 論文標題 Sub-radian-accuracy gravitational waves from coalescing binary neutron stars in numerical relativity. II. Systematic study on the equation of state, binary mass, and mass ratio	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review	6. 最初と最後の頁 84006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.084006	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 Sho Fujibayashi, Shinya Wanajo, Kenta Kiuchi, Koutarou Kyutoku, Yuichiro Sekiguchi, Masaru Shibata	4. 巻 901
2. 論文標題 Postmerger Mass Ejection of Low-mass Binary Neutron Stars	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abafc2	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 Koutarou Kyutoku, Kyohei Kawaguchi, Kenta Kiuchi, Masaru Shibata, Keisuke Taniguchi	4. 巻 D103
2. 論文標題 Reducing orbital eccentricity in initial data of black hole-neutron star binaries in the puncture framework	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review	6. 最初と最後の頁 23002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.103.023002	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 M. Bulla, K. Kyutoku, M. Tanaka, S. Covino, J. R. Bruten, T. Matsumoto, J. R. Maund, V. Testa, K. Wiersema	4. 巻 501
2. 論文標題 Polarized kilonovae from black hole-neutron star mergers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 43007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa3796	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 Kota Hayashi, Kyohei Kawaguchi, Kenta Kiuchi, Koutarou Kyutoku, Masaru Shibata	4. 巻 D103
2. 論文標題 Properties of the remnant disk and the dynamical ejecta produced in low-mass black hole-neutron star mergers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review	6. 最初と最後の頁 43007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.103.043007	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 K. Sasaki, S. Aoki, T. Doi, S. Gongyo, T. Hatsuda, Y. Ikeda, T. Inoue, T. Iritani, N. Ishii, K. Murano, T. Miyamoto	4. 巻 A98
2. 論文標題 Lambda-Lambda and N-Xi interactions from Lattice QCD near the physical point	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nucl. Phys.	6. 最初と最後の頁 121737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 E. Hiyama, K. Sasaki, T. Miyamoto, T. Doi, T. Hatsuda, Y. Yamamoto and T. A. Rijken	4. 巻 124
2. 論文標題 Possible lightest Xi Hypernucleus with Modern Xi-N Interactions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 92501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 K. Morita, S. Gongyo, T. Hatsuda, T. Hyodo, Y. Kamiya and A. Ohnishi	4. 巻 C101
2. 論文標題 Probing Omega-Omega and p-Omega dibaryons with femtoscopic correlations in relativistic heavy-ion collisions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev.	6. 最初と最後の頁 15201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 S. Aoki, T. Iritani and K. Yazaki	4. 巻 2
2. 論文標題 Hermitizing the HAL QCD potential in the derivative expansion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PTEP	6. 最初と最後の頁 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 K. Kyutoku, K. Hayashi, S. Fujibayashi, K. Kiuchi, K. Kawaguchi, M. Shibata, M. Tanaka	4. 巻 890
2. 論文標題 On the possibility of GW190425 being a black hole--neutron star binary merger	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letter	6. 最初と最後の頁 119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 H. Tajima, T. Hatsuda, P. van Wyk & Y. Ohashi	4. 巻 9
2. 論文標題 Superfluid Phase Transitions and Effects of Thermal Pairing Fluctuations in Asymmetric Nuclear Matter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 18477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Y. Song, G. Baym, T. Hatsuda and T. Kojo	4. 巻 D100
2. 論文標題 Effective repulsion in dense quark matter from nonperturbative gluon exchange	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev.	6. 最初と最後の頁 34018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 G. Baym, S. Furusawa, T. Hatsuda, T. Kojo and H. Togashi	4. 巻 885
2. 論文標題 New Neutron Star Equation of State with Quark-Hadron Crossover	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 M. G. Alford, G. Baym, K. Fukushima, T. Hatsuda and M. Tachibana	4. 巻 D99
2. 論文標題 Continuity of vortices from the hadronic to the color-flavor locked phase in dense matter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev.	6. 最初と最後の頁 36004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 T. Iritani, S. Aoki, T. Doi, T. Hatsuda, Y. Ikeda, T. Inoue, N. Ishii, H. Nemura, & K. Sasaki	4. 巻 1903
2. 論文標題 Consistency between Luscher 's finite volume method and HAL QCD method for two-baryon systems in lattice QCD	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JHEP	6. 最初と最後の頁 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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. Iritani, S. Aoki, T. Doi, F. Etminan, S. Gongyo, T. Hatsuda, Y. Ikeda, T. Inoue, N. Ishii, T. Miyamoto, K. Sasaki	4. 巻 B792
2. 論文標題 N dibaryon from lattice QCD near the physical point	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 284-289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 T. Narikawa, N. Uchikata, K. Kawaguchi, K. Kiuchi, K. Kyutoku, M. Shibata, H. Tagoshi	4. 巻 1
2. 論文標題 Discrepancy in tidal deformability of GW170817 between the Advanced LIGO twin detectors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 33055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 K. Kiuchi, K. Kyutoku, M. Shibata, K. Taniguchi	4. 巻 876
2. 論文標題 Revisiting the lower bound on tidal deformability derived by AT 2017gfo	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 K. Kyutoku, Y. Nishino, N. Seto	4. 巻 483
2. 論文標題 How to detect the shortest binary pulsars in the era of LISA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2615-2620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Mark G. Alford, Gordon Baym, Kenji Fukushima, Tetsuo Hatsuda, and Motoi Tachibana	4. 巻 D99
2. 論文標題 Continuity of vortices from the hadronic to the color-flavor locked phase in dense matter	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev.	6. 最初と最後の頁 36004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.036004	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 Takumi Iritani, Sinya Aoki, Takumi Doi, Tetsuo Hatsuda, Yoichi Ikeda, Takashi Inoue, Noriyoshi Ishii, Hidekatsu Nemura & Kenji Sasaki	4. 巻 2019
2. 論文標題 Consistency between Luscher 's finite volume method and HAL QCD method for two-baryon systems in lattice QCD	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP03(2019)007	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 Koutarou Kyutoku, Yuki Nishino, Naoki Seto	4. 巻 483
2. 論文標題 How to detect the shortest period binary pulsars in the era of LISA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2615-2620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty3322	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 -

[学会発表] 計36件 (うち招待講演 31件 / うち国際学会 36件)

1. 発表者名 H. Togashi
2. 発表標題 Dense matter equation of state with bare baryon forces
3. 学会等名 2nd International Workshop on the Extension Project for the J-PARC Hadron Experimental Facility (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Doi
2. 発表標題 p and : experimental and theoretical overview
3. 学会等名 workshop on Femtoscopy in high-energy collisions at ALICE (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 T. Sugiura
2. 発表標題 Charmed hadrons on lattice QCD
3. 学会等名 Exotics and Exotic Phenomena in Heavy Ion Collisions (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Aoki
2. 発表標題 Recent results in HAL QCD method
3. 学会等名 Bethe Forum "Multihadron Dynamics in a Box - A.D. 2022" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koutarou Kyutoku
2. 発表標題 Gravitational-wave astronomy and neutron-star equations of state
3. 学会等名 Second International Workshop on the Extension Project for the J-PARC Hadron Experimental Facility (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Doi
2. 発表標題 Status and Prospects of Baryon Interactions from Lattice QCD
3. 学会等名 Second International Workshop on the Extension Project for the J-PARC Hadron Experimental Facility (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Doi
2. 発表標題 YN and YY interactions from Lattice QCD
3. 学会等名 The 4th International workshop on strangeness nuclear physics (SNP2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Doi
2. 発表標題 Three-Nucleon Forces from Lattice QCD
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Chiral Dynamics (CD2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Doi
2. 発表標題 Hyperon forces from Lattice QCD
3. 学会等名 J-PARC Hadron Hall Extension HIHR/K1.1 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Aoki
2. 発表標題 Recent progresses in the HAL QCD method for hadron interaction
3. 学会等名 YITP workshop "QCD phase diagram and lattice QCD" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Aoki
2. 発表標題 Recent results for hadron interactions in the HAL QCD method
3. 学会等名 BNL-HET & RBC Joint workshop "DWQCD@25 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koutarou Kyutoku
2. 発表標題 Gravitational-wave astronomy and neutron-star equations of state
3. 学会等名 Second International Workshop on the Extension Project for the J-PARC Hadron Experimental Facility (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Inoue
2. 発表標題 Baryon interactions from QCD on lattice
3. 学会等名 Yamada Conference LXXII: The 8th Asia-Pacific conference on Few-Body problems in Physics (APFB2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Hatsuda
2. 発表標題 Strongly Interacting QCD Matter at Finite Temperature and Density
3. 学会等名 Winter School on Strongly Correlated Quantum Matter (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Aoki
2. 発表標題 Lattice results on dibaryons and baryon--baryon interaction
3. 学会等名 18th International Conference on Hadron Spectroscopy and Structure (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Doi
2. 発表標題 Recent progress on Hadron Interactions from Lattice QCD
3. 学会等名 ELPH Symposium on "Spectra and structures of quark/hadron many-body systems probed by flavor degrees of freedom" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Kyutoku
2. 発表標題 Gravitational-wave and multi-messenger astronomy
3. 学会等名 Strings and Fields 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Aoki
2. 発表標題 Lattice results on dibaryons and baryon-baryon interactions
3. 学会等名 18th Int. Conference on Hadron Spectroscopy and Structure (HADRON 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Hatsuda
2. 発表標題 Nuclear forces from lattice QCD
3. 学会等名 The 27th Int. Nuclear Physics Conference (INPC 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Aoki
2. 発表標題 Theoretical and practical progresses in the HAL QCD method
3. 学会等名 37th Int. Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Hatsuda
2. 発表標題 Newest results from lattice HAL QCD on hyperon-nucleon and hyperon-hyperon interaction
3. 学会等名 The 18th Int. Conference on Strangeness in Quark Matter (SQM 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Hatsuda
2. 発表標題 Equation of State for Dense Matter and Neutron Star Merger
3. 学会等名 MOST-RIKEN workshop on ab initio theory in nuclear physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Takano
2. 発表標題 Microscopic equation of state for nuclear matter with the variational many-body theory
3. 学会等名 MOST-RIKEN Workshop on ab initio theory in nuclear physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Hatsuda
2. 発表標題 Nuclear Forces from Lattice QCD
3. 学会等名 The 2nd Int. Workshop on Quantum Many-Body Problems in Particle, Nuclear and Astrophysics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kyutoku
2. 発表標題 Multi-messenger from compact binary mergers
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Very High Energy Particle Astronomy in 2019 (VHEPA2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Hatsuda
2. 発表標題 Nuclear Forces from Lattice QCD
3. 学会等名 The 2nd Int. Workshop on Quantum Many-Body Problems in Particle, Nuclear and Astrophysics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Kyutoku
2. 発表標題 Multi-messenger from compact binary mergers
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Very High Energy Particle Astronomy in 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Hatsuda
2. 発表標題 Baryon Interactions from Lattice QCD
3. 学会等名 The 8th Int. Conference on Quarks and Nuclear Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Hatsuda
2. 発表標題 Baryon-baryon interactions from lattice QCD
3. 学会等名 Int. Symposium on Simplicity, Symmetry and Beauty of Atomic Nuclei (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Hatsuda
2. 発表標題 Neutron Star Core: Densest State of Matter
3. 学会等名 The Int. Symposium on Quantum Fluids and Solids (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Inoue
2. 発表標題 "Strange Nuclear Physics from QCD on Lattice"
3. 学会等名 13th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Kyutoku
2. 発表標題 What did we learn about neutron-star properties from AT 2017gfo
3. 学会等名 Nucleosynthesis and electromagnetic counterparts of neutron-star mergers: Preparation for the new discovery, (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Togashi and M. Takano
2. 発表標題 Cluster Variational Method for Hyperonic Nuclear Matter with Coupled Channels
3. 学会等名 The 8th International Conference on Quarks and Nuclear Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Sugiura, Y. Ikeda and N. Ishii
2. 発表標題 Lattice QCD Study of the Nucleon-Charmonium Interaction
3. 学会等名 The 8th International Conference on Quarks and Nuclear Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 T. Inoue
2. 発表標題 Hyperon Forces from QCD and Their Applications
3. 学会等名 The 8th International Conference on Quarks and Nuclear Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Sugiura, Y. Ikeda and N. Ishii
2. 発表標題 Charmonium-nucleon interactions from $2+1$ flavor lattice QCD
3. 学会等名 36th International Symposium on Lattice Field Theory (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 横倉 祐貴、ジェフリ フォーセット、土井 琢身、瀧 雅人	4. 発行年 2021年
2. 出版社 東京大学出版会	5. 総ページ数 296
3. 書名 数理は世界を創造できるか 宇宙・生命・情報の謎にせまる	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>スバコンで予言する魅惑の新粒子「チャームダイオメガ」  <a href="https://www.riken.jp/press/2021/20210830_1/index.html">https://www.riken.jp/press/2021/20210830_1/index.html</a>          新たなハイパー原子核「グザイ・テトラバリオン」 - グザイ粒子の振る舞いを精密計算で解き明かす -  <a href="https://www.riken.jp/press/2020/20200305_2/index.html">https://www.riken.jp/press/2020/20200305_2/index.html</a>          新粒子「ダイオメガ」 - スバコン「京」と数理で予言するクォーク6個の新世界 -  <a href="https://www.riken.jp/press/2018/20180524_1/index.html">https://www.riken.jp/press/2018/20180524_1/index.html</a>          クォーク物質を重力波で探る - 中性子星合体後の重力波から超高密度物質の痕跡を読み取る -  <a href="https://www.riken.jp/press/2022/20221027_1/index.html">https://www.riken.jp/press/2022/20221027_1/index.html</a></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 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	鷹野 正利  (Takano Masatoshi)  (00257198)	早稲田大学・理工学術院・教授    (32689)	
研究分担者	青木 慎也  (Aoki Shinya)  (30192454)	京都大学・基礎物理学研究所・教授    (14301)	
研究分担者	久徳 浩太郎  (Kyutoku Koutarou)  (30757125)	京都大学・理学研究科・准教授    (14301)	
研究分担者	石井 理修  (Ishii Noriyoshi)  (40360490)	大阪大学・核物理研究センター・准教授    (14401)	
研究分担者	土井 琢身  (Doi Takumi)  (70622554)	国立研究開発法人理化学研究所・数理創造プログラム・専任 研究員    (82401)	
研究分担者	井上 貴史  (Inoue Takashi)  (80407353)	日本大学・生物資源科学部・教授    (32665)	

## 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
---------	---------

中国	Peking University	Chinese Academy of Science	Central China Normal Univ.	
スウェーデン	Nordita			
イタリア	Brera Astronomical Observatory	Osservatorio Astronomico di Roma		
英国	University of Sheffield	University of Warwick	University of Leicester	
オランダ	ナイメーヘン大学			
米国	イリノイ大学	ワシントン大学		
米国	University of Illinois Urbana-Champaign	Washington University in St. Louis		