

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K03445

研究課題名（和文）フェルミオン系の可解模型とその応用

研究課題名（英文）Exactly solvable fermion models and their applications

研究代表者

桂 法称（Katsura, Hosho）

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・准教授

研究者番号：80534594

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、強く相互作用する遍歴フェルミオン系の基底状態や非平衡ダイナミクスおよび開放量子系の問題に対して、新しい数学的手法を開拓し厳密な結果を確立することを目指して研究を行った。その結果、(i)  $SU(N)$  斥力Hubbard模型における平坦バンド強磁性、(ii)  $SU(N)$  引力Hubbard模型の基底状態に関する厳密な結果、(iii) 量子多体傷跡状態をもつ格子模型の系統的な構成、(iv) フラストレーションフリーなマヨラナフェルミオン系およびパラフェルミオン系の構成、(v) 散逸のある量子スピン鎖のマヨラナフェルミオンを用いた厳密解、などの非自明な結果を得ることに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

強く相互作用する粒子からなる量子多体系の研究は、孤立系の熱化などの基礎物理学的な観点から、また量子シミュレーションなどの量子技術の観点からも現在精力的に研究が行われている。そのような量子多体系に関して本研究で確立された厳密な結果は、今後の基礎研究のベンチマークとして重要な役割を果たすと考えられる。また、量子多体傷跡状態をもつ模型の系統的な構成法や開放量子系のマヨラナフェルミオンを用いた解法は、今までにない全く新しい数学的手法を切り拓いたものであり、学術的な意義も大きいと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this research, we aimed to develop new mathematical methods and establish exact and/or rigorous results for the ground states and non-equilibrium dynamics of strongly interacting itinerant fermion systems, as well as open quantum many-body systems. As a result, we successfully obtained several nontrivial results: (i) flat-band ferromagnetism in the  $SU(N)$  repulsive Hubbard model, (ii) rigorous results concerning the ground states of the  $SU(N)$  attractive Hubbard model, (iii) systematic construction of lattice models with quantum many-body scar states, (iv) construction of frustration-free Majorana and parafermion models, and (v) exact solutions of dissipative quantum spin chains using the Majorana representation of spins.

研究分野：物性理論、統計力学

キーワード：量子多体系 Hubbard模型 超対称性 マヨラナフェルミオン 開放量子系 フラストレーション・フリー系 量子多体傷跡状態 数理物理

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。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

可解模型に関する研究は、さまざまな近似手法に対するベンチマークとして、また理論物理と数学の学際分野として、現在まで重要な役割を果たしてきている。近年では、Kitaev 模型のような可解模型の実験的な実現についても議論されており、「現実を模型で近似する」のではなく、「模型を現実が近似する」という興味深い潮流も生まれている。可解模型は大きく2つのクラスに分類することができる。ひとつは可積分系と呼ばれるクラスで、自由フェルミオン・ボソン系や、Bethe 仮設によって解くことのできる模型が含まれる。もうひとつは、フラストレーション・フリー系と呼ばれるクラスで、AKLT 模型がその典型例である。

粒子の遍歴性が凍結した局在スピン系の文脈では、これらのクラスの可解模型について多くの研究がなされていた。一方、Hubbard 模型などの遍歴フェルミオン系の模型については、その取扱いの難しさから、可解模型の観点からの研究はそれほどなされていなかった。例えば、2次元以上の Hubbard 模型に関する数学的に厳密な結果は、長岡強磁性や平坦バンド強磁性など数えるほどしかなかった。一方で近年、冷却原子系の発展により、Hubbard 模型により良く記述される系を実験的に実現することも可能になってきている。元々の Hubbard 模型は、電子のスピン自由度に対する  $SU(2)$  対称性をもつが、冷却原子系では、原子の核スピン自由度に対する  $SU(N)$  対称性をもつ系も存在する。また、Kitaev 模型の研究や、メソスコピック系の技術の進展により、マヨラナフェルミオンと呼ばれる粒子とその応用にも、大きな注目が集まっていた。

### 2. 研究の目的

以上の研究背景の下で、本研究では遍歴フェルミオン系の可解模型に関する研究を行った。特に研究課題の核心となるのは、以下の4つのテーマである。

- (1) 高い対称性をもつ Hubbard 模型の基底状態
- (2) 非エルゴード的ダイナミクスを示すフェルミオン系
- (3) 相互作用するマヨラナフェルミオン系
- (4) マヨラナフェルミオンの開放量子系への応用

(1)は  $SU(N)$  Hubbard 模型において、通常の電子系には見られない新たな相や現象を発見することを、(2)は近年注目を集めている量子多体傷跡状態の具体例を系統的に構成することを、(3)は相互作用するマヨラナフェルミオン系において厳密な結果を確立することを、(4)は散逸のある量子多体系の可解模型を構成することを、それぞれ目的としていた。また、全体を通じて、主に数理物理的な観点から量子多体系の平衡状態および非平衡ダイナミクスにアプローチし、堅実な結果を確立することを目的としていた。

### 3. 研究の方法

(1) 可解格子模型の手法：可積分系の標準的な手法である Bethe 仮設法や自由フェルミオンの手法などを用いる。また、上述のフラストレーション・フリー系に対して成立する様々な性質・結果を応用する。

(2) 不等式などを用いた手法：変分原理の一般化であるミニマックス原理や(半)正定値行列の性質などの行列の固有値に関する不等式を、量子多体系の基底状態や低エネルギー励起の性質の決定に応用する。

(3) 数式処理・数値対角化：対象は大自由度の量子多体系であるが、少数系における「実験」を行いながら研究を進めることは重要である。具体的には、Mathematica の数式処理機能を方程式の簡約化や代数的な演算に応用する。また、少数系の数値対角化や時間発展の数値計算を Mathematica や QuSpin という Python のパッケージを用いて行う。

### 4. 研究成果

- (1) 高い対称性をもつ Hubbard 模型の基底状態  
SU(N) 斥力 Hubbard 模型における平坦バンド強磁性：平坦あるいはほぼ平坦なバンドが最下端にある SU(2) Hubbard 模型では、基底状態で強磁性が発現する場合があることが知られていた。この結果を、各フェルミオンが  $N(>2)$  個の内部自由度をもつ SU(N) Hubbard 模型へと拡張した。具体的には、1次元および高次元の田崎型の模型を考え、最下端のバンドが完全に平坦あるいはほぼ平坦でフィリングが  $1/N$  の場合に、SU(N)強磁性状態が基底状態となることを、SU(2)の場合の手法を改良して証明した[文献 ]。また、Mielke による平坦バンド強磁性の必要十分条件を SU(N) Hubbard 模型へと拡張した[文献 ]。さらにこの結果を応用して、SU(N) 近藤格子模型についても平坦バンド強磁性の一般論を展開した。これらの一連の研究で、SU(2) Hubbard 模型における平坦バンド強磁性に関し

て知られている結果のかなりの部分を SU(N) Hubbard 模型へと拡張できたとと言える。  
SU(N) 引力 Hubbard 模型におけるマヨラナ鏡映正值性の応用 : SU(2) Hubbard 模型の基底状態の縮退度やスピン量子数を決定する数的手法として、Lieb によるスピン鏡映正值性と呼ばれるものが知られている。この手法は、電子のアップスピンとダウンスピンの間の対称性を用いているため、そのままの形では  $N > 2$  の SU(N) 引力 Hubbard 模型に適用することはできない。しかし、この場合にも模型のマヨラナフェルミオンによる表示を用いることで、異なるマヨラナフェルミオンの成分の入れ替えに関する対称性を議論することができる。これと鏡映正值性のアイデアを組み合わせることで、SU(N) 引力 Hubbard 模型の基底状態の縮退度や電荷密度波的な秩序の存在を厳密に示すことに成功した。これらの結果は Physical Review Letters に掲載され、さらに Editors' Suggestion に選出されている [文献 ]。

## (2) 非エルゴード的ダイナミクスを示すフェルミオン系

Onsager 代数を用いた量子多体傷跡状態の構成 : 2017 年の Bernien らによる Rydberg 原子系の実験において、異様に長時間減衰しない秩序状態間の振動が観測された。この実験をきっかけに、非可積分系にもかかわらず非熱的なエネルギー固有状態をもつ物理系が注目を集めている。また理論的にも、このような量子多体傷跡状態 (Quantum Many-Body Scars, QMBS) と呼ばれる状態の探究も盛んに行われている。本研究では、Onsager 代数の対称性をもつ可積分系に、その可積分性を壊す摂動を加えることで、非可積分系であるにもかかわらず、陽に書き下すことのできる QMBS を持つ系を無数に構成できることを示した。また、ある種の初期状態は熱的な状態から完全に分離した部分空間内において周期運動を繰り返すことを明らかにした。これらの結果は Physical Review Letters に掲載され、さらに Editors' Suggestion に選出されている [文献 ]。

量子多体傷跡状態をもつフェルミオン模型の構成 : 上述の Onsager 代数を用いた手法を踏まえ、QMBS をもつフェルミオン模型の系統的な構成に取り組んだ。まず、非可積分なスピンレスフェルミオン模型として、通常のホッピング項と隣接サイトの粒子の有無に依存したホッピング項とからなる模型を考えた。この模型は任意のグラフ上において定義できるが、1 次元格子の場合は Onsager 代数に基づいて構成した模型に帰着する。特に 2 次元格子の場合にこの模型の準位統計や種々の物理量の振舞を数値的に調べ、構成したエネルギー固有状態が QMBS であることを明らかにした [文献 ]。さらに、SU(N) Hubbard 模型に (N-1) 体のホッピングを加えた模型を調べ、ある種の場合には SU(2) Hubbard 模型における ペアリング状態を一般化した状態 ( クラスタリング状態と名付けている ) が厳密なエネルギー固有状態となることを明らかにした。これらの状態は低エンタングルメントの状態であり、この系の QMBS であると考えられる [文献 ]。

## (3) 相互作用するマヨラナフェルミオン系

N=1 超対称性をもつ格子上的マヨラナフェルミオン系 : 1970 年代に Nicolai により N=2 の超対称性 (SUSY) をもつ格子上的フェルミオン模型が提案されている。代表者らはこの模型の幾つかの拡張を研究していたが、本研究では N=1 SUSY をもつ Nicolai 模型の類似物を構成しその性質を調べた。その結果、この模型のパラメータ ( 相互作用の大きさの逆数に相当 ) を変化させると 1. SUSY が自発的に破れ、それに伴うギャップ励起が出現する相から 2. SUSY が無限系に回復する相に転移することを解析的および数値的な解析により明らかにした。また相 1 では、ギャップ励起が波数の 3 乗に比例する分散をもつことを数値対角化により明らかにした [文献 ]。

フラストレーション・フリーな模型の一般的構成法 : 超対称性量子力学の文脈で用いられていた「Witten の conjugation」と呼ばれるアイデアを用いることで、これまで個別に議論されてきた様々なフラストレーション・フリーな可解模型を統一的に扱えることを明らかにした。また、この手法により古典 Ising 模型や Potts 模型のような自明な模型から出発して、相互作用するマヨラナフェルミオン系やパラフェルミオン系の可能模型の非自明な例を構成できることも明らかにした [文献 ]。論文 を引用している複数の別グループによる論文でも、この手法を応用することで新たな可解模型が構成されている。

## (4) マヨラナフェルミオンの開放量子系への応用

散逸のある量子スピン鎖の厳密な解析 : Gorini-Kossakowski-Sudarshan-Lindblad (GKSL) 方程式で記述される量子多体系の非ユニタリーダイナミクスは、近年の冷却原子系における実験の進展もあり注目を集めている。しかし、一般に量子多体系の GKSL 方程式を解くことは非常に困難である。これは系のハミルトニアン自体は自由粒子系であったとしても、しばしば散逸項から有効的に (非エルミートな) 相互作用が生じるためである。本研究では、Kitaev によるスピン演算子のマヨラナフェルミオン表示を用いることで、可解な多体の開放量子系の例を構成した。具体的には、(i) 1 次元量子コンパス模型に位相緩和が加わった系 [文献 ]、(ii) 量子 Ising 鎖に散逸を加えた系 [文献 ]、(iii) 量子 Ising 鎖の両端に位相緩和が生じる系 [文献 ]、である。これらの系の非平衡定常状態や Liouvillian gap、ある種の相関関数の表式を、Kitaev の方法や Bethe 仮説、自由フェル

ミオンの方法などを組み合わせて厳密に求めた。

非エルミートなフェルミオン2次形式のジョルダン分解:ある種のフェルミオン系のGKSL方程式のスペクトル解析は、マヨラナフェルミオンの2次形式のジョルダン分解を求めることに帰着する。これについて、Prosenによる予想[T. Prosen, J. Stat. Mech. P7020 (2010)]があったが、これを厳密に証明した[文献 ]。証明の鍵となるのは、非エルミートなフェルミオン2次形式のべき零部分が  $sl_2$  リー代数の生成子のひとつとみなせる点である。このリー代数を閉じる残りの二つの演算子を明示的に構成することで、固有空間の次元、すなわちジョルダンブロックの数を  $sl_2$  の既約表現の次元に関連づけることができる。また、組合せ論における既知の結果を適用することで、広義固有空間の次元の明示的な公式を得た。これらの結果は、GKSL 方程式に限らず、片方向にのみホッピングのある(乱れない) Hatano-Nelson 模型の多体版などにも応用が可能である。

これら以外にも、平坦バンドをもつ遍歴ボゾン系における Haldane 相、量子スピン鎖における非線形 Drude 重みなど、関連するテーマについても興味深い結果を得ることができた。以上を踏まえて、期間全体を通して当初計画していた以上の成果が得られたと考えている。

#### <引用文献>

- Kensuke Tamura and Hosho Katsura, Ferromagnetism in the SU(n) Hubbard model with a nearly flat band, *Physical Review B* **100**, 2019, 214423-1~5; Ferromagnetism in d-dimensional SU(n) Hubbard models with nearly flat bands, *Journal of Statistical Physics* **182**, 2021, 16-1~20
- Kensuke Tamura and Hosho Katsura, Flat-band ferromagnetism in the SU(N) Hubbard and Kondo lattice models, *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* **56**, 2023, 395202-1~22
- Hironobu Yoshida and Hosho Katsura, Rigorous results on the ground state of the attractive SU(N) Hubbard model, *Physical Review Letters* **126**, 2021, 100201-1~6
- Naoyuki Shibata, Nobuyuki Yoshioka, and Hosho Katsura, Onsager's Scars in Disordered Spin Chains, *Physical Review Letters* **124**, 2020, 180604-1~6 (2020)
- Kensuke Tamura and Hosho Katsura, Quantum many-body scars of spinless fermions with correlated hopping in higher dimensions, *Physical Review B* **106**, 2022, 144306-1~11 (2022)
- Hironobu Yoshida and Hosho Katsura, Exact eigenstates of extended SU(N) Hubbard models: generalizations of  $\eta$ -pairing states with N-particle off-diagonal long-range order, *Physical Review B* **105**, 2022, 024520-1~10
- Noriaki Sannomiya and Hosho Katsura, Supersymmetry Breaking and Nambu-Goldstone Fermions in Interacting Majorana Chains, *Physical Review D* **99**, 2019 045002-1~9
- Jurriaan Wouters, Hosho Katsura, and Dirk Schuricht, Interrelations among frustration-free models via Witten's conjugation, *SciPost Physics Core* **4**, 2021, 027-1~32 (2021)
- Naoyuki Shibata and Hosho Katsura, Dissipative spin chain as a non-Hermitian Kitaev ladder, *Physical Review B* **99**, 2019, 174303-1~10
- Naoyuki Shibata and Hosho Katsura, Dissipative Quantum Ising chain as a non-Hermitian Ashkin-Teller model, *Physical Review B* **99**, 2019, 224432-1~9
- Naoyuki Shibata and Hosho Katsura, Quantum Ising chain with boundary dephasing, *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, 2020, **2020**, 12A108-1~11
- Shunta Kitahama, Hironobu Yoshida, Ryo Toyota, and Hosho Katsura, Jordan Decomposition of Non-Hermitian Fermionic Quadratic Forms, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, **2024**, 2024, 013101-1~13

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計40件（うち査読付論文 39件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 11件）

|                                                                                                            |                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Tsubota Shoichi, Yang Hong, Akagi Yutaka, Katsura Hosho                                          | 4. 巻<br>105                |
| 2. 論文標題<br>Symmetry-protected quantization of complex Berry phases in non-Hermitian many-body systems      | 5. 発行年<br>2022年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                                                | 6. 最初と最後の頁<br>L201113-1, 6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.105.L201113                                                   | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |
| 1. 著者名<br>Katsura Hosho, Nakayama Yu                                                                       | 4. 巻<br>2022               |
| 2. 論文標題<br>Spontaneously broken supersymmetric fracton phases with fermionic subsystem symmetries          | 5. 発行年<br>2022年            |
| 3. 雑誌名<br>Journal of High Energy Physics                                                                   | 6. 最初と最後の頁<br>72-1, 16     |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/JHEP08(2022)072                                                        | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |
| 1. 著者名<br>Tamura Kensuke, Katsura Hosho                                                                    | 4. 巻<br>106                |
| 2. 論文標題<br>Quantum many-body scars of spinless fermions with density-assisted hopping in higher dimensions | 5. 発行年<br>2022年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                                                | 6. 最初と最後の頁<br>144306-1, 11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.106.144306                                                    | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |
| 1. 著者名<br>Yoshida Hironobu, Katsura Hosho                                                                  | 4. 巻<br>107                |
| 2. 論文標題<br>Liouvillian gap and single spin-flip dynamics in the dissipative Fermi-Hubbard model            | 5. 発行年<br>2023年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review A                                                                                | 6. 最初と最後の頁<br>033332-1, 8  |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevA.107.033332                                                    | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                 |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Yang Hong, Li Linhao, Okunishi Kouichi, Katsura Hosho                 | 4. 巻<br>107                |
| 2. 論文標題<br>Duality, criticality, anomaly, and topology in quantum spin-1 chains | 5. 発行年<br>2023年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                     | 6. 最初と最後の頁<br>125158-1, 14 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.107.125158                         | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                |                            |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Yuhi Tanikawa, Kazuaki Takasan, and Hosho Katsura                    | 4. 巻<br>103                |
| 2. 論文標題<br>Exact results for nonlinear Drude weights in the spin-1/2 XXZ chain | 5. 発行年<br>2021年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                    | 6. 最初と最後の頁<br>L201120-1, 6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.103.L201120                       | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する               |

|                                                                                     |                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Hong Yang, Hayate Nakano, and Hosho Katsura                               | 4. 巻<br>3                  |
| 2. 論文標題<br>Symmetry-protected topological phases in spinful bosons with a flat band | 5. 発行年<br>2021年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Research                                                  | 6. 最初と最後の頁<br>023210-1, 22 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevResearch.3.023210                        | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                                                           |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Tomonari Mizoguchi, Hosho Katsura, Isao Maruyama, and Yasuhiro Hatsugai                                         | 4. 巻<br>104                |
| 2. 論文標題<br>Flat-band solutions in D-dimensional decorated diamond and pyrochlore lattices: Reduction to molecular problem | 5. 発行年<br>2021年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                                                               | 6. 最初と最後の頁<br>035155-1, 11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.104.035155                                                                   | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                                                            |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Hosho Katsura, Naoki Kawashima, Satoshi Morita, Akinori Tanaka, and Hal Tasaki                                   | 4. 巻<br>3                  |
| 2. 論文標題<br>Mott-insulator-like Bose-Einstein condensation in a tight-binding system of interacting bosons with a flat band | 5. 発行年<br>2021年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Research                                                                                         | 6. 最初と最後の頁<br>033190-1, 12 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevResearch.3.033190                                                               | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                  |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Jurriaan Wouters, Hosho Katsura, and Dirk Schuricht                    | 4. 巻<br>4               |
| 2. 論文標題<br>Interrelations among frustration-free models via Witten's conjugation | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>SciPost Physics Core                                                   | 6. 最初と最後の頁<br>027-1, 32 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.21468/SciPostPhysCore.4.4.027                     | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|                                                                                    |                             |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1. 著者名<br>Yuhi Tanikawa and Hosho Katsura                                          | 4. 巻<br>104                 |
| 2. 論文標題<br>Fine structure of the nonlinear Drude weights in the spin-1/2 XXZ chain | 5. 発行年<br>2021年             |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                        | 6. 最初と最後の頁<br>205116 -1, 17 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.104.205116                            | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |

|                                                                                                                              |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Hidehiko Kohshiro, Ryui Kaneko, Satoshi Morita, Hosho Katsura, and Naoki Kawashima                                 | 4. 巻<br>104               |
| 2. 論文標題<br>Multiple magnetization plateaus induced by farther neighbor interactions in an S=1 two-leg Heisenberg spin ladder | 5. 発行年<br>2021年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                                                                  | 6. 最初と最後の頁<br>214409-1, 8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.104.214409                                                                      | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|                                                                                        |                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Takuya Eguchi, Satoshi Oga, Hosho Katsura, Andrej Gendiar, Tomotoshi Nishino | 4. 巻<br>91                |
| 2. 論文標題<br>Energy Scale Deformation on Regular Polyhedra                               | 5. 発行年<br>2022年           |
| 3. 雑誌名<br>Journal of the Physical Society of Japan                                     | 6. 最初と最後の頁<br>034001-1, 6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.7566/JPSJ.91.034001                                     | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|                                                                                                                                                    |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Hironobu Yoshida and Hosho Katsura                                                                                                       | 4. 巻<br>105                |
| 2. 論文標題<br>Exact eigenstates of extended SU(N) Hubbard models: Generalization of $d$ -pairing states with N-particle off-diagonal long-range order | 5. 発行年<br>2022年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                                                                                        | 6. 最初と最後の頁<br>024520-1, 10 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.105.024520                                                                                            | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                               |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Jurriaan Wouters, Fabian Hassler, Hosho Katsura, and Dirk Schuricht | 4. 巻<br>5               |
| 2. 論文標題<br>Phase diagram of an extended parafermion chain                     | 5. 発行年<br>2022年         |
| 3. 雑誌名<br>SciPost Physics Core                                                | 6. 最初と最後の頁<br>008-1, 32 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.21468/SciPostPhysCore.5.1.008                  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する            |

|                                                                                       |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Ning Wu, Hosho Katsura, Sheng-Wen Li, Xiaoming Cai, and Xi-Wen Guan         | 4. 巻<br>105                |
| 2. 論文標題<br>Exact solutions of few-magnon problems in the spin- $S$ periodic XXZ chain | 5. 発行年<br>2022年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                           | 6. 最初と最後の頁<br>064419-1, 14 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.105.064419                               | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する               |



|                                                                                                                                                  |                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Katsura Hosho, Moriya Hajime, Nakayama Yu                                                                                              | 4. 巻<br>53                 |
| 2. 論文標題<br>Characterization of degenerate supersymmetric ground states of the Nicolai supersymmetric fermion lattice model by symmetry breakdown | 5. 発行年<br>2020年            |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical                                                                                     | 6. 最初と最後の頁<br>385003-1, 18 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1088/1751-8121/ab9916                                                                                             | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                            |                            |
|------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Shibata Naoyuki, Katsura Hosho                   | 4. 巻<br>2020               |
| 2. 論文標題<br>Quantum Ising chain with boundary dephasing     | 5. 発行年<br>2020年            |
| 3. 雑誌名<br>Progress of Theoretical and Experimental Physics | 6. 最初と最後の頁<br>12A108-1, 11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/ptep/ptaa131           | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                                                                                       |                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Yoshida Tsuneya, Kudo Koji, Katsura Hosho, Hatsugai Yasuhiro                                                                                | 4. 巻<br>2                  |
| 2. 論文標題<br>Fate of fractional quantum Hall states in open quantum systems: Characterization of correlated topological states for the full Liouvillian | 5. 発行年<br>2020年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Research                                                                                                                    | 6. 最初と最後の頁<br>033428-1, 16 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevResearch.2.033428                                                                                          | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                              |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Kondo Hiroki, Akagi Yutaka, Katsura Hosho                                          | 4. 巻<br>2020               |
| 2. 論文標題<br>Non-Hermiticity and topological invariants of magnon Bogoliubov-de Gennes systems | 5. 発行年<br>2020年            |
| 3. 雑誌名<br>Progress of Theoretical and Experimental Physics                                   | 6. 最初と最後の頁<br>12A104-1, 36 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/ptep/ptaa151                                             | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                        |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1. 著者名<br>Tamura Kensuke, Katsura Hosho                                                | 4. 巻<br>182            |
| 2. 論文標題<br>Ferromagnetism in d-Dimensional SU(n) Hubbard Models with Nearly Flat Bands | 5. 発行年<br>2021年        |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Statistical Physics                                               | 6. 最初と最後の頁<br>16-1, 20 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s10955-020-02687-w                                 | 査読の有無<br>有             |
| オープンアクセス<br>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<br>-              |

|                                                                                       |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Yoshida Hironobu, Katsura Hosho                                             | 4. 巻<br>126               |
| 2. 論文標題<br>Rigorous Results on the Ground State of the Attractive SU(N) Hubbard Model | 5. 発行年<br>2021年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Letters                                                     | 6. 最初と最後の頁<br>100201-1, 6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevLett.126.100201                            | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|                                                                              |                           |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Tamura Kensuke, Katsura Hosho                                      | 4. 巻<br>100               |
| 2. 論文標題<br>Ferromagnetism in the SU(n) Hubbard model with a nearly flat band | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                  | 6. 最初と最後の頁<br>214423-1, 5 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.100.214423                      | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|                                                                    |                            |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Shibata Naoyuki, Katsura Hosho                           | 4. 巻<br>99                 |
| 2. 論文標題<br>Dissipative spin chain as a non-Hermitian Kitaev ladder | 5. 発行年<br>2019年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                        | 6. 最初と最後の頁<br>174303-1, 10 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.99.174303             | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                   |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Shibata Naoyuki, Katsura Hosho                                          | 4. 巻<br>99                |
| 2. 論文標題<br>Dissipative quantum Ising chain as a non-Hermitian Ashkin-Teller model | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                       | 6. 最初と最後の頁<br>224432-1, 8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.99.224432                            | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|                                                                                               |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Dooley Shane, Kells Graham, Katsura Hosho, Dorlas Tony C.                           | 4. 巻<br>101               |
| 2. 論文標題<br>Simulating quantum circuits by adiabatic computation: Improved spectral gap bounds | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review A                                                                   | 6. 最初と最後の頁<br>042302-1, 7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevA.101.042302                                       | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|                                                             |                           |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Shibata Naoyuki, Yoshioka Nobuyuki, Katsura Hosho | 4. 巻<br>124               |
| 2. 論文標題<br>Onsager 's Scars in Disordered Spin Chains       | 5. 発行年<br>2020年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Letters                           | 6. 最初と最後の頁<br>180604-1, 6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevLett.124.180604  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|                                                         |                            |
|---------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Kondo Hiroki, Akagi Yutaka, Katsura Hosho     | 4. 巻<br>100                |
| 2. 論文標題<br>Three-dimensional topological magnon systems | 5. 発行年<br>2019年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                             | 6. 最初と最後の頁<br>144401-1, 15 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.100.144401 | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                        |                     |
|----------------------------------------|---------------------|
| 1. 著者名<br>吉岡信行、赤城 裕、桂 法称               | 4. 巻<br>54          |
| 2. 論文標題<br>ニューラルネットワークによる物理状態の判定から表現まで | 5. 発行年<br>2019年     |
| 3. 雑誌名<br>固体物理                         | 6. 最初と最後の頁<br>51-65 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし         | 査読の有無<br>無          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|                                                                                    |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Bolens Adrien, Katsura Hosho, Ogata Masao, Miyashita Seiji               | 4. 巻<br>97                |
| 2. 論文標題<br>Mechanism for subgap optical conductivity in honeycomb Kitaev materials | 5. 発行年<br>2018年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                        | 6. 最初と最後の頁<br>161108-1, 5 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.97.161108                             | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|                                                                     |                            |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Kawabata Kohei, Ashida Yuto, Katsura Hosho, Ueda Masahito | 4. 巻<br>98                 |
| 2. 論文標題<br>Parity-time-symmetric topological superconductor         | 5. 発行年<br>2018年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                         | 6. 最初と最後の頁<br>085116-1, 13 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.98.085116              | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                              |                            |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Wouters Jurriaan, Katsura Hosho, Schuricht Dirk    | 4. 巻<br>98                 |
| 2. 論文標題<br>Exact ground states for interacting Kitaev chains | 5. 発行年<br>2018年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                  | 6. 最初と最後の頁<br>155119-1, 15 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.98.155119       | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                                      |                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Iyoda Eiki, Katsura Hosho, Sagawa Takahiro                                                 | 4. 巻<br>98                 |
| 2. 論文標題<br>Effective dimension, level statistics, and integrability of Sachdev-Ye-Kitaev-like models | 5. 発行年<br>2018年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review D                                                                          | 6. 最初と最後の頁<br>086020-1, 12 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevD.98.086020                                               | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                    |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Yang Hong, Katsura Hosho                                                 | 4. 巻<br>122               |
| 2. 論文標題<br>Rigorous Results for the Ground States of the Spin-2 Bose-Hubbard Model | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Letters                                                  | 6. 最初と最後の頁<br>053401-1, 5 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevLett.122.053401                         | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|                                                                                               |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Sannomiya Noriaki, Katsura Hosho                                                    | 4. 巻<br>99                |
| 2. 論文標題<br>Supersymmetry breaking and Nambu-Goldstone fermions in interacting Majorana chains | 5. 発行年<br>2019年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review D                                                                   | 6. 最初と最後の頁<br>045002-1, 9 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevD.99.045002                                        | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|                                                                          |                            |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Yoshioka Nobuyuki, Akagi Yutaka, Katsura Hosho                 | 4. 巻<br>99                 |
| 2. 論文標題<br>Transforming generalized Ising models into Boltzmann machines | 5. 発行年<br>2019年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review E                                              | 6. 最初と最後の頁<br>032113-1, 11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevE.99.032113                   | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                   |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Tamura Kensuke, Katsura Hosho                                           | 4. 巻<br>56                 |
| 2. 論文標題<br>Flat-band ferromagnetism in the SU(N) Hubbard and Kondo lattice models | 5. 発行年<br>2023年            |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical                      | 6. 最初と最後の頁<br>395202-1, 22 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1088/1751-8121/acf100                              | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                                        |                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Kim Kyung-Su, Katsura Hosho                                                  | 4. 巻<br>6                 |
| 2. 論文標題<br>Exact hole-induced SU(N) flavor-singlets in certain U= SU(N) Hubbard models | 5. 発行年<br>2024年           |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review Research                                                     | 6. 最初と最後の頁<br>013307-1, 7 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevResearch.6.013307                           | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|                                                                               |                            |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Sanada Kazuyuki, Miao Yuan, Katsura Hosho                           | 4. 巻<br>108                |
| 2. 論文標題<br>Quantum many-body scars in spin models with multibody interactions | 5. 発行年<br>2023年            |
| 3. 雑誌名<br>Physical Review B                                                   | 6. 最初と最後の頁<br>155102-1, 25 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1103/PhysRevB.108.155102                       | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>-                  |

|                                                                            |                            |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. 著者名<br>Kitahama Shunta, Yoshida Hironobu, Toyota Ryo, Katsura Hosho     | 4. 巻<br>2024               |
| 2. 論文標題<br>Jordan decomposition of non-Hermitian fermionic quadratic forms | 5. 発行年<br>2024年            |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment          | 6. 最初と最後の頁<br>013101-1, 13 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1088/1742-5468/ad0f98                       | 査読の有無<br>有                 |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する               |

[学会発表] 計106件(うち招待講演 27件/うち国際学会 62件)

|                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hironobu Yoshida                                                                      |
| 2. 発表標題<br>Exact analysis of the Liouvillian gap for the SU(N) Hubbard model with two-body loss, |
| 3. 学会等名<br>SCES 2022 (国際学会)                                                                      |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                                  |

|                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Shunta Kitahama                                                 |
| 2. 発表標題<br>Kitaev Nanoribbon Model with Boundary Dephasing                 |
| 3. 学会等名<br>29th International Conference on Low Temperature Physics (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年                                                            |

|                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hironobu Yoshida                                                                                |
| 2. 発表標題<br>Exact analysis of the Liouvillian gap and dynamics in the dissipative SU(N) Fermi-Hubbard model |
| 3. 学会等名<br>Novel Quantum States in Condensed Matter 2022 (国際学会)                                            |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                                            |

|                                                            |
|------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Shunta Kitahama                                 |
| 2. 発表標題<br>Kitaev Nanoribbon Model with Boundary Dephasing |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2023 (国際学会)                   |
| 4. 発表年<br>2023年                                            |

|                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Kensuke Tamura                                                        |
| 2. 発表標題<br>General theory of flat-band ferromagnetism in the SU(n) Hubbard model |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2023 (国際学会)                                         |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                  |

|                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hironobu Yoshida                                                                     |
| 2. 発表標題<br>Liouvillian gap and single spin-flip dynamics in the dissipative Fermi-Hubbard model |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2023, Las Vegas (国際学会)                                             |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                                 |

|                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hironobu Yoshida                                                                           |
| 2. 発表標題<br>Rigorous Results for Lattice Fermion Models with SU(N) Symmetry                            |
| 3. 学会等名<br>AsianEuropean workshop on "SU(N) physics in condensed matter and cold atoms" (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                                       |

|                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                   |
| 2. 発表標題<br>Constructing frustration-free models via Witten's conjugation   |
| 3. 学会等名<br>Quantum extreme universe from quantum information (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年                                                            |



|                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                               |
| 2. 発表標題<br>Duality, criticality, and topology in quantum spin-1 chains |
| 3. 学会等名<br>Delft Many-Body Workshop Series (招待講演) (国際学会)               |
| 4. 発表年<br>2022年                                                        |

|                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hironobu Yoshida                                                           |
| 2. 発表標題<br>Majorana reflection positivity in the attractive SU(N) Fermi-Hubbard Model |
| 3. 学会等名<br>Rigorous statistical mechanics and related topics (招待講演) (国際学会)            |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                       |

|                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                                                 |
| 2. 発表標題<br>Flat bands and related topics                                                                 |
| 3. 学会等名<br>APCTP-IACS-SNBCBS Workshop on Computational Methods for Emergent Quantum Matter (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                                          |

|                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                 |
| 2. 発表標題<br>Constructing frustration-free models via Witten's conjugation |
| 3. 学会等名<br>Rikkyo MathPhys 2023 (招待講演) (国際学会)                            |
| 4. 発表年<br>2023年                                                          |

|                                             |
|---------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>田村健祐                             |
| 2. 発表標題<br>SU(n) Hubbard 模型における平坦バンド強磁性の一般論 |
| 3. 学会等名<br>格子上の場の理論と連続空間上の場の理論              |
| 4. 発表年<br>2022年                             |

|                                                       |
|-------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>吉田博信, 桂法称                                  |
| 2. 発表標題<br>原子ロスのある SU(N) フェルミ ハバード模型のリウピリアンギャップの厳密な解析 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2022年秋季大会                            |
| 4. 発表年<br>2022年                                       |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>北浜駿太, 柴田直幸, 桂法称         |
| 2. 発表標題<br>境界散逸のあるキタエ フナノリボン模型の厳密解 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2022年秋 季大会        |
| 4. 発表年<br>2022年                    |

|                                              |
|----------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>田村健祐, 桂法称                         |
| 2. 発表標題<br>SU(n) Hubbard 模型における平 坦バンド強磁性の一般論 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2022年秋季 大会                  |
| 4. 発表年<br>2022年                              |

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>長尾健太郎, 桂法称                         |
| 2. 発表標題<br>超対称性のある格子フェルミオン模型とスピン 1/2 XXZ 鎖の関係 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2023年春季大会,                   |
| 4. 発表年<br>2023年                               |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>桂法称                        |
| 2. 発表標題<br>SU(N) ハバード模型における厳密な結果      |
| 3. 学会等名<br>格子上の場の理論と連続空間上の場の理論 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2022年                       |

|                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Kensuke Tamura                                                                         |
| 2. 発表標題<br>Construction of quantum many-body scars in higher-dimensional spinless fermion systems |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2022 (国際学会)                                                          |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                                   |

|                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Shoichi Tsubota                                                                            |
| 2. 発表標題<br>Symmetry-protected quantization of complex Berry phases in non-Hermitian many-body systems |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2022 (国際学会)                                                              |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                                       |

|                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hironobu Yoshida                                                    |
| 2. 発表標題<br>Generalized $\eta$ -pairing States in Extended SU(N) Hubbard Models |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2022 (国際学会)                                       |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                |

|                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Yuhi Tanikawa                                                       |
| 2. 発表標題<br>Exact results for nonlinear Drude weights in the spin-1/2 XXZ chain |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2022 (国際学会)                                       |
| 4. 発表年<br>2022年                                                                |

|                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                   |
| 2. 発表標題<br>Experimental mathematical physics                               |
| 3. 学会等名<br>Rigorous Statistical Mechanics and Related Topics (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2021年                                                            |

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Naoyuki Shibata                           |
| 2. 発表標題<br>Onsager's scars in disordered spin chains |
| 3. 学会等名<br>CONMAT2021 (招待講演) (国際学会)                  |
| 4. 発表年<br>2021年                                      |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>吉田 博信                      |
| 2. 発表標題<br>SU(N)引力ハバード模型におけるマヨラナ鏡映正值性 |
| 3. 学会等名<br>理論研究会：量子多体系の相形成とダイナミクス     |
| 4. 発表年<br>2021年                       |

|                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hong Yang                                                             |
| 2. 発表標題<br>Magnetic and Topological Phases of Spinful Bosons in Optical Lattices |
| 3. 学会等名<br>第3回 冷却原子研究会「アトムの会」                                                    |
| 4. 発表年<br>2021年                                                                  |

|                                           |
|-------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>田村 健祐                          |
| 2. 発表標題<br>高次元スピンレスフェルミオン系における量子多体傷跡状態の構成 |
| 3. 学会等名<br>第3回 冷却原子研究会「アトムの会」             |
| 4. 発表年<br>2021年                           |

|                                           |
|-------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>田村健祐, 桂法称                      |
| 2. 発表標題<br>高次元スピンレスフェルミオン系における量子多体傷跡状態の構成 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2021年秋季大会                |
| 4. 発表年<br>2021年                           |

|                                                       |
|-------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>吉田博信, 桂法称                                  |
| 2. 発表標題<br>拡張されたSU(N)ハバード模型におけるN粒子の非対角長距離秩序を持つ厳密な固有状態 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2021年秋季大会                            |
| 4. 発表年<br>2021年                                       |

|                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hong Yang, Linhao Li, Kouichi Okunishi, Hosho Katsura       |
| 2. 発表標題<br>Criticality, duality, and topology in quantum spin-1 chains |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2021年秋季大会                                             |
| 4. 発表年<br>2021年                                                        |

|                                                          |
|----------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>谷川悠飛, 桂法称                                     |
| 2. 発表標題<br>スピン 1/2 XXZ鎖における非線形スピンDrude重みの異方性に関する不連続な振る舞い |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2021年秋季大会                               |
| 4. 発表年<br>2021年                                          |

|                                 |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名<br>坪田祥一, 楊 泓, 赤城裕, 桂法称  |
| 2. 発表標題<br>反転対称性の下での複素ベリー位相の量子化 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2021年秋季大会      |
| 4. 発表年<br>2021年                 |

|                                           |
|-------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>幸城秀彦, 金子隆威, 森田悟史, 桂法称, 川島直輝    |
| 2. 発表標題<br>多重磁化プラトーを実現するフラストレートスピラダー系の厳密解 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2021年秋季大会                |
| 4. 発表年<br>2021年                           |

|                                            |
|--------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>真田兼行, 桂法称                       |
| 2. 発表標題<br>スカラーカイラリティに関連した量子多体傷跡状態をもつスピン模型 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会 第77回年次大会                 |
| 4. 発表年<br>2022年                            |

|                                              |
|----------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>溝口知成, 桂法称, 丸山勲, 初貝安弘              |
| 2. 発表標題<br>修飾されたハニカムおよびダイヤモンド格子上のフラットバンドの求め方 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会 第77回年次大会                   |
| 4. 発表年<br>2022年                              |

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>江口卓也, 大賀理司, 桂法称, 西野友年              |
| 2. 発表標題<br>正多面体上のHeisenbergモデルに対するエネルギースケール変形 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会 第77回年次大会                    |
| 4. 発表年<br>2022年                               |

|                                        |
|----------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>桂法称                         |
| 2. 発表標題<br>非エルミート量子系における複素ベリー位相の実部の量子化 |
| 3. 学会等名<br>新学術領域「離散幾何学」領域会議            |
| 4. 発表年<br>2022年                        |

|                                                                  |
|------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Naoyuki Shibata, Nobuyuki Yoshioka, and Hosho Katsura |
| 2. 発表標題<br>Onsager ' s scars in disordered spin chains           |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2021, online ( 国際学会 )               |
| 4. 発表年<br>2021年                                                  |

|                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Kensuke Tamura and Hosho Katsura                                            |
| 2. 発表標題<br>Ferromagnetism in d-dimensional SU(n) Hubbard models with nearly flat bands |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2021, online ( 国際学会 )                                     |
| 4. 発表年<br>2021年                                                                        |

|                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hong Yang, Hayate Nakano, and Hosho Katsura                              |
| 2. 発表標題<br>Symmetry-protected Topological Phases in Spinful Bosons with a Flat Band |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2021, online ( 国際学会 )                                  |
| 4. 発表年<br>2021年                                                                     |



|                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Tsuneya Yoshida, Koji Kudo, Hosho Katsura, and Yasuhiro Hatsugai     |
| 2. 発表標題<br>Non-Hermitian fractional quantum Hall states in open quantum systems |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2021, online (国際学会)                                |
| 4. 発表年<br>2021年                                                                 |

|                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                                      |
| 2. 発表標題<br>Onsager 's scars in non-integrable spin chains                                     |
| 3. 学会等名<br>Rigorous Statistical Mechanics and Related Topics II, online (Japan) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2020年                                                                               |

|                                                                |
|----------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                       |
| 2. 発表標題<br>Integrable dissipative spin chains                  |
| 3. 学会等名<br>Non-Hermitian Physics, online (India) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2021年                                                |

|                                                  |
|--------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>柴田直行, 吉岡信行, 桂法称                       |
| 2. 発表標題<br>Onsager代数を用いた乱れのあるスピン鎖における量子多体傷跡状態の構成 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2020年秋季大会, オンライン                |
| 4. 発表年<br>2020年                                  |

|                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hong Yang, Hayate Nakano, Hosho Katsura                                  |
| 2. 発表標題<br>Symmetry-protected Topological Phases in Spinful Bosons with a Flat Band |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2020年秋季大会, オンライン                                                   |
| 4. 発表年<br>2020年                                                                     |

|                                                     |
|-----------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>田村健祐, 桂法称                                |
| 2. 発表標題<br>ほぼ平坦なバンドを持つ $d$ 次元 $SU(n)$ ハバード模型における強磁性 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2020年秋季大会, オンライン                   |
| 4. 発表年<br>2020年                                     |

|                                                                  |
|------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>坪田祥一, 赤城裕, 桂法称                                        |
| 2. 発表標題<br>Thue-Morse 格子上の電子系の $Z_2$ Berry phase を用いたトポロジカルな特徴付け |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2020年秋季大会, オンライン                                |
| 4. 発表年<br>2020年                                                  |

|                                                 |
|-------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>真田兼行, 桂法称                            |
| 2. 発表標題<br>非一様な変形パラメーターをもつ量子スピン鎖の厳密に縮退したエネルギー準位 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2020年秋季大会, オンライン               |
| 4. 発表年<br>2020年                                 |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>吉田恒也, 工藤耕司, 桂法称, 初貝安弘  |
| 2. 発表標題<br>量子開放系での分数量子ホール状態の特徴付け  |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2020年秋季大会, オンライン |
| 4. 発表年<br>2020年                   |

|                                                    |
|----------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>谷川悠飛, 高三和晃, 桂法称                         |
| 2. 発表標題<br>スピン1/2 XXZ鎖における非線形スピンDrude weightの厳密な解析 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会第76回年次大会, オンライン                   |
| 4. 発表年<br>2021年                                    |

|                                        |
|----------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>吉田博信, 桂法称                   |
| 2. 発表標題<br>SU(N) 引力ハバード模型におけるマヨラナ鏡映正值性 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会第76回年次大会, オンライン       |
| 4. 発表年<br>2021年                        |

|                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura, Hal Tasaki                                                                                  |
| 2. 発表標題<br>Mott-insulating BoseEinstein condensation in a tight-binding system of interacting bosons with a flat band |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会第76回年次大会, オンライン                                                                                      |
| 4. 発表年<br>2021年                                                                                                       |

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>桂法称                                |
| 2. 発表標題<br>量子多体傷跡状態の代数的構成法                    |
| 3. 学会等名<br>量子多体系の熱力学 - 数理の発展と展望, オンライン (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2020年                               |

|                                                             |
|-------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Naoyuki Shibata                                  |
| 2. 発表標題<br>Integrable dissipative spin chains               |
| 3. 学会等名<br>IIS-Chiba Workshop NH2019, Kashiwa, Chiba (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年                                             |

|                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Kensuke Tamura                                                                        |
| 2. 発表標題<br>Ferromagnetism in the SU(n) Hubbard model with nearly flat band                       |
| 3. 学会等名<br>The Fourth Kyoto-Beijing-Tokyo Workshop on Ultracold Atomic Gases, YITP, Kyoto (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                                  |

|                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hong Yang                                                                             |
| 2. 発表標題<br>Rigorous Results on the Ground States of the Spin-2 Bose-Hubbard Model                |
| 3. 学会等名<br>The Fourth Kyoto-Beijing-Tokyo Workshop on Ultracold Atomic Gases, YITP, Kyoto (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                                  |

|                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 . 発表者名<br>Hong Yang                                                                          |
| 2 . 発表標題<br>Rigorous Results on the Ground States of the Spin-2 Bose-Hubbard Model             |
| 3 . 学会等名<br>Thermalization, Many body localization and Hydrodynamics, ICTS, Bangalore ( 国際学会 ) |
| 4 . 発表年<br>2019年                                                                               |

|                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 . 発表者名<br>Naoyuki Shibata                                                                    |
| 2 . 発表標題<br>Integrabledissipative spin chains                                                  |
| 3 . 学会等名<br>Thermalization, Many body localization and Hydrodynamics, ICTS, Bangalore ( 国際学会 ) |
| 4 . 発表年<br>2019年                                                                               |

|                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1 . 発表者名<br>Kensuke Tamura                                                  |
| 2 . 発表標題<br>Ferromagnetism in the SU(n) Hubbard model with nearly flat band |
| 3 . 学会等名<br>APS March Meeting 2020, online ( 国際学会 )                         |
| 4 . 発表年<br>2020年                                                            |

|                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|
| 1 . 発表者名<br>Hong Yang                                                 |
| 2 . 発表標題<br>Haldane Phase in Spin-1 Bose-Hubbard Model with Flat Band |
| 3 . 学会等名<br>APS March Meeting 2020, online ( 国際学会 )                   |
| 4 . 発表年<br>2020年                                                      |

|                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Naoyuki Shibata                                                        |
| 2. 発表標題<br>Dissipative quantum Ising chain as a non-Hermitian Ashkin-Teller model |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2020, online (国際学会)                                  |
| 4. 発表年<br>2020年                                                                   |

|                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                               |
| 2. 発表標題<br>Frustration-free Majorana fermion models                    |
| 3. 学会等名<br>Interacting Majorana Fermions, UBC, Vancouver (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年                                                        |

|                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                                       |
| 2. 発表標題<br>Supersymmetry breaking and Nambu-Goldstone fermions in lattice models               |
| 3. 学会等名<br>KIAS Workshop on Topology and Correlation in Quantum Materials, Busan (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                                |

|                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                                                  |
| 2. 発表標題<br>Integrable dissipative spin chains                                                             |
| 3. 学会等名<br>Amsterdam Summer Workshop on Low-D Quantum Condensed Matter 2019, UvA, Amsterdam (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                                           |

|                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                  |
| 2. 発表標題<br>Integrable dissipative spin chains                             |
| 3. 学会等名<br>Topological phase workshop, Tohoku Univ., Sendai (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年                                                           |

|                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                     |
| 2. 発表標題<br>Ferromagnetism in the SU(n) Hubbard model with a nearly flat band |
| 3. 学会等名<br>Rigorous Statistical Mechanics and Related Topics (招待講演) (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2019年                                                              |

|                                            |
|--------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>桂法称                             |
| 2. 発表標題<br>ディリクレ・ノイマン混合境界条件と half SSD      |
| 3. 学会等名<br>サイン2乗変形 (SSD) とその周辺2019, 理研, 和光 |
| 4. 発表年<br>2019年                            |

|                                                    |
|----------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>柴田直行, 桂法称                               |
| 2. 発表標題<br>散逸のある量子 Ising 鎖と非エルミート Ashkin-Teller 模型 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2019年秋季大会, 岐阜大学, 岐阜               |
| 4. 発表年<br>2019年                                    |

|                                                               |
|---------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hong Yang, 桂法称                                     |
| 2. 発表標題<br>The Haldane Phase of Spinful Bosons with Flat Band |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会2019年秋季大会, 岐阜大学, 岐阜                          |
| 4. 発表年<br>2019年                                               |

|                                                |
|------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>桂法称                                 |
| 2. 発表標題<br>スピン自由度をもつBose-Hubbard模型のSPT相        |
| 3. 学会等名<br>トポロジカル表面状態、ソリトンとプレーン、指数定理, 大阪大学, 吹田 |
| 4. 発表年<br>2020年                                |

|                                                              |
|--------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>桂法称                                               |
| 2. 発表標題<br>量子開放系の問題へのマヨラナ・フェルミオンの応用                          |
| 3. 学会等名<br>第12回トポロジー連携研究会「マヨラナ励起の実証に向けて」, 東京工業大学, 東京, (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2019年                                              |

|                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Nobuyuki Yoshioka                                           |
| 2. 発表標題<br>Transforming Generalized Ising Model into Boltzmann Machine |
| 3. 学会等名<br>At the Crossroad of Physics and Machine Learning (国際学会)     |
| 4. 発表年<br>2019年                                                        |



|                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Noriaki Sannomiya                                                     |
| 2. 発表標題<br>Spontaneous SUSY breaking and NG modes in interacting Majorana chains |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2019 ( 国際学会 )                                       |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                  |

|                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hong Yang                                                               |
| 2. 発表標題<br>Rigorous Results for the Ground States of the Spin-2 Bose-Hubbard Model |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2019 ( 国際学会 )                                         |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                    |

|                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Naoyuki Shibata                                                            |
| 2. 発表標題<br>Exact solutions of dissipative quantum spin chains using Majorana fermions |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2019 ( 国際学会 )                                            |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                       |

|                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Eiki Iyoda                                                                                |
| 2. 発表標題<br>Effective dimension, level statistics, and integrability of Sachdev-Ye-Kitaev-like models |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2019 ( 国際学会 )                                                           |
| 4. 発表年<br>2018年                                                                                      |

|                                                          |
|----------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                 |
| 2. 発表標題<br>Fradkin, Fredkin or Fridkin?                  |
| 3. 学会等名<br>EXACTLY SOLVABLE QUANTUM CHAINS (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年                                          |

|                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                              |
| 2. 発表標題<br>Sine-square deformation of one-dimensional critical systems                |
| 3. 学会等名<br>Integrable systems in Condensed Matter / Statistical Physics (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年                                                                       |

|                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                                           |
| 2. 発表標題<br>Fradkin, Fredkin, or Fridkin?                                                           |
| 3. 学会等名<br>Exactly Solvable Models of Quantum Field Theory and Statistical Mechanics (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年                                                                                    |

|                                             |
|---------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>吉岡信行                             |
| 2. 発表標題<br>フラストレート・スピン系と等価なボルツマン機械による大域的更新法 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会 2018年秋季大会                 |
| 4. 発表年<br>2018年                             |

|                             |
|-----------------------------|
| 1. 発表者名<br>日本物理学会 2018年秋季大会 |
| 2. 発表標題<br>日本物理学会 2018年秋季大会 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会 2018年秋季大会 |
| 4. 発表年<br>2018年             |

|                                                    |
|----------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>三ノ宮典昭                                   |
| 2. 発表標題<br>格子フェルミオン模型における超対称性の破れと南部・ゴールドストーンフェルミオン |
| 3. 学会等名<br>2018年金沢大学量子ダイナミクス研究会                    |
| 4. 発表年<br>2018年                                    |

|                                  |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>田村健祐                  |
| 2. 発表標題<br>SU(n)Hubbard模型における強磁性 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会 第74回年次大会       |
| 4. 発表年<br>2019年                  |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>桂法称                    |
| 2. 発表標題<br>縮退した基底状態をもつ非一様なXXZスピン鎖 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会 第74回年次大会        |
| 4. 発表年<br>2019年                   |

|                                          |
|------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>柴田直幸                          |
| 2. 発表標題<br>厳密に解ける散逸のあるスピン鎖とその端スピンの動的相関関数 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会 第74回年次大会               |
| 4. 発表年<br>2019年                          |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura             |
| 2. 発表標題<br>量子ハングル (Quantum Hangul)   |
| 3. 学会等名<br>物性理論のフロンティアと社会への展開 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2018年                      |

|                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                             |
| 2. 発表標題<br>Algebraic construction of quantum many-body scars                         |
| 3. 学会等名<br>Periodically and quasi- periodically driven complex systems (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                      |

|                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                             |
| 2. 発表標題<br>Integrable dissipative spin chains and ladders                            |
| 3. 学会等名<br>Workshop on exactly solvable models of open quantum systems (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                      |

|                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                                                       |
| 2. 発表標題<br>Integrable SYK models                                                               |
| 3. 学会等名<br>ExU-YITP Workshop on Condensed Matter Physics and Quantum Information (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                                |

|                                                                  |
|------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura                                         |
| 2. 発表標題<br>Jordan blocks of non-Hermitian quadratic Hamiltonians |
| 3. 学会等名<br>Random Operators and Related Topics (招待講演) (国際学会)     |
| 4. 発表年<br>2023年                                                  |

|                               |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名<br>桂法称                |
| 2. 発表標題<br>量子多体傷跡状態と関連する話題    |
| 3. 学会等名<br>熱場の量子論とその応用 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2023年               |

|                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hironobu Yoshida                                                                                           |
| 2. 発表標題<br>Exact analysis of the Liouvillian gap for the $SU(N)$ Fermi-Hubbard model with two-body loss               |
| 3. 学会等名<br>OpenQMBP2023: New perspectives in the out-of-equilibrium dynamics of open many-body quantum systems (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                                                       |

|                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Shunta Kitahama                                                                                              |
| 2. 発表標題<br>Jordan Decomposition of Non- Hermitian Fermionic Quadratic Forms                                             |
| 3. 学会等名<br>OpenQMBP2023: New perspectives in the out-of-equilibrium dynamics of open many-body quantum systems ( 国際学会 ) |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                                                         |

|                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura (Dirk Schuricht)                                  |
| 2. 発表標題<br>Constructing frustration-free models via Witten ' s conjugation |
| 3. 学会等名<br>StatPhys28 ( 国際学会 )                                             |
| 4. 発表年<br>2023年                                                            |

|                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Kazuyuki Sanada (Yuan Miao, Hosho Katsura)                          |
| 2. 発表標題<br>Quantum many-body scars in spin models with multi-body interactions |
| 3. 学会等名<br>StatPhys28 ( 国際学会 )                                                 |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                |

|                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hironobu Yoshida (Hosho Katsura)                                                     |
| 2. 発表標題<br>Liouvillian gap and single spin-flip dynamics in the dissipative Fermi-Hubbard model |
| 3. 学会等名<br>StatPhys28 ( 国際学会 )                                                                  |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                                 |

|                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Shunta Kitahama (Ryo Toyota, Hironobu Yoshida, Hosho Katsura)   |
| 2. 発表標題<br>General theory of non-Hermitian quadratic Majorana Hamiltonians |
| 3. 学会等名<br>StatPhys28 (国際学会)                                               |
| 4. 発表年<br>2023年                                                            |

|                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Shoichi Tsubota (Hong Yang, Yutaka Akagi, Hosho Katsura)                                   |
| 2. 発表標題<br>Symmetry-protected quantization of complex Berry Phases in non-Hermitian many-body systems |
| 3. 学会等名<br>StatPhys28 (国際学会)                                                                          |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                                       |

|                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Shunta Kitahama                                                          |
| 2. 発表標題<br>Generalized eigenstates of non-Hermitian quadratic Majorana Hamiltonians |
| 3. 学会等名<br>Non-Hermitian Topology: from Classical Optics to Quantum Matter (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                     |

|                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Shunta Kitahama                                                         |
| 2. 発表標題<br>General theory of non-Hermitian quadratic Majorana Hamiltonians         |
| 3. 学会等名<br>STATPHYS28 Satellite Meeting: Physics of Open Systems and Beyond (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2023年                                                                    |

|                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Shunta Kitahama                                                  |
| 2. 発表標題<br>Jordan Decomposition of Non- Hermitian Fermionic Quadratic Forms |
| 3. 学会等名<br>Quantum Simulators ( 国際学会 )                                      |
| 4. 発表年<br>2024年                                                             |

|                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Kazuyuki Sanada (Yuan Miao, Hosho Katsura)                          |
| 2. 発表標題<br>Quantum Many-Body Scars Constructed from Integrable Boundary States |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2024, Minneapolis ( 国際学会 )                        |
| 4. 発表年<br>2024年                                                                |

|                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Kyung-Su Kim (Hosho Katsura)                                                     |
| 2. 発表標題<br>Exact hole-induced resonating-valence-bonds in certain infinite U Hubbard models |
| 3. 学会等名<br>APS March Meeting 2024, Minneapolis ( 国際学会 )                                     |
| 4. 発表年<br>2024年                                                                             |

|                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Hosho Katsura (Soshun Ozaki)                         |
| 2. 発表標題<br>Disorder-free Sachdev-Ye-Kitaev models               |
| 3. 学会等名<br>Exactly Solved Models and Quantum Computing ( 国際学会 ) |
| 4. 発表年<br>2024年                                                 |



|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>北濱駿太, 桂法称, 吉田博信, 豊田遼   |
| 2. 発表標題<br>非エルミート自由フェルミオン系の例外点の構造 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会第 78 回年次大会       |
| 4. 発表年<br>2023年                   |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>真田兼行, 桂法称                  |
| 2. 発表標題<br>多体相互作用を持つスピン模型における量子多体傷跡状態 |
| 3. 学会等名<br>日本物理学会第 78 回年次大会           |
| 4. 発表年<br>2023年                       |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

|                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Katsura group (桂研究室)<br><a href="http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/hkatsura-lab/">http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/hkatsura-lab/</a> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                           |                       |    |
|---------------------------|-----------------------|----|
| 6. 研究組織                   |                       |    |
| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(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 |
|---------|---------|
|---------|---------|