

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K05536

研究課題名(和文) 準周期系における非従来型強相関超伝導：非摂動論的アプローチによる解析

研究課題名(英文) Unconventional strong coupling superconductivity in the quasiperiodic systems: nonperturbative approach

研究代表者

古賀 昌久 (Koga, Akihisa)

東京工業大学・理学院・准教授

研究者番号：90335373

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：量子力学的粒子集団の一つである電子系において、準周期構造がもたらす新奇な強相関物性が注目されている。強相関系における準周期性の役割について、最もシンプルなサイトに依存した平均場近似を用いて、準周期系特有の物性について議論した。副格子構造を持つ二次元準周期系として、ペンローズ模型を取り上げ特徴的な磁氣的構造が現れることを実空間、補空間構造から明らかにした。一方で、二次元の他の準周期系にも現れるかどうか自明ではないため、8回対称性をもつアンマン・ベーンカー・タイル、12回対称性をもつSocolarタイルについても調べ、束縛状態の性質、磁氣的性質について系統的に調べた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

量子力学的粒子集団の一つである電子系において、準周期構造がもたらす新奇な強相関物性に注目した。強相関系における準周期性の役割については、これまで理論的な取り扱いがあまりなく、系統的な解析が求められていた。二次元準周期系を系統的に取り扱った本研究により、準周期系特有の物性について一部明らかとなり、今後の準結晶における物性研究につながるものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Strong electron correlations in the quasiperiodic systems have attracted much interest. To clarify this, we have treated the Penrose tiling as a simple example of the two dimensional bipartite lattice and studied the magnetism characteristic of the quasiperiodic lattice in the real and perpendicular space. The Ammann-Beenker and Socolar dodecagonal tilings have also been treated and we have clarified the confined states and magnetic properties in these systems.

研究分野：物性理論

キーワード：準結晶

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

最近、粒子間相互作用の強い系である強相関電子系において、準周期構造の効果が注目されている。低温において興味深い物性を示す典型的な例として、希土類化合物 Au-Al-Yb がある。この物質は、多重殻構造を持つ蔡型クラスターから構成されており、そのクラスターが準周期的に配置された化合物 AuAlYb 準結晶において、比熱、帯磁率が非自明な温度変化を示す量子臨界現象が発現する。一方、蔡型クラスターが周期的に配置された化合物 AuAlYb 近似結晶 においては、重い電子的振る舞いが低温において出現する。このことは、準周期構造が強相関物性に大きな影響を及ぼしていることを示唆している。そのため、強相関系における準周期構造の役割を明らかにする必要がある。この準結晶においては、超伝導の報告はなされていないが、他の蔡型クラスター系に対する超伝導現象の探索が精力的になされており、準周期構造を持つ強相関超伝導の研究が急速に進展している。

一方で、準周期系の超伝導には、基礎的で重要な問題が残っている。準結晶は、並進対称性をもたないため、波数はよい量子数とならない。そのため、従来から知られている波数 $k, -k$ の電子によるクーパーペア形成が自明ではなく、超伝導の実現性は明らかではない。もし、超伝導が実現するときには、どのようなペア対称性が実現するのか、ギャップ関数に準周期系特有の特徴が出現するのかについて系統的に調べることは、物性物理における基礎的な問題を解決するだけでなく、実験グループに対して超伝導探索の指針を与える可能性がある。これまで、多くの超伝導に関する理論解析は周期系に対して行われており、準周期構造を持つ系の強相関超伝導物性に関しては、系統的に議論されてこなかった。そのため、非摂動論的アプローチを用いて強相関効果をより正確に扱い、準周期系特有の超伝導物性や周波数依存性の役割を早急に明らかにすることが求められていた。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では、強相関超伝導現象における準周期性と周波数依存性について明らかにする。これまでの多くの超伝導の研究においては、周期系の議論がなされてきたが、系の本質を理解するためには準周期構造についてより詳細に調べる必要がある。そこで、シンプルな準周期構造として二次元ペンローズ格子を取り上げる。本研究では、ギャップ関数の周波数依存性について取り入れることができ、準周期構造も自然に記述することのできる動的平均場理論やデュアルフェルミオン法を用いて非摂動論的解析を実行する。この解析により、準周期系における強相関超伝導について理論を構築し、低温における準周期系特有の物性を明らかにすることが研究目的である。

また、結晶構造を自由自在に制御することのできる光格子系は、準周期系における強相関超流動を実現する格好の舞台と考えられる。この光格子系における超流動の実験においては、冷却原子を閉じ込めているポテンシャルを開放し、自由落下させることにより、粒子の密度分布等を観測する。そのため、閉じ込めポテンシャルを開放したとき、超流動相がどのように時間発展し、観測されるのかについて詳細に調べる必要がある。ここでは、強力な数値的解析手法として時間発展密度行列繰り込み群法を用い、準周期系における基底状態の時間発展についても理論を展開する。

3. 研究の方法

◆ 準周期系として知られている二次元ペンローズ格子を取り上げ、準周期系における強相関効果、中でも強相関超伝導の理論を展開する。この準周期系においては、結晶に並進対称性がないため、波数がよい量子数とならない。そのため、波数 k と $-k$ の電子のシングレットペアによるBCS理論を展開することはできず、 s 波の単純な超伝導でさえ実現可能かどうか自明ではない。

本研究では、準結晶特有の超伝導物性について明らかにする。その目的のためには、準周期系特有の自己相似構造を取り込む理論を構築する必要がある。そこで本課題では、実空間動的平均場近似を用いて大規模な系を扱うことにより解決し、この系特有の強相関効果について系統的に調べる。この理論手法において準周期系を取り扱う際には、非等価なすべてのサイトにおいて不純物モデルを解析する必要がある。これまでに、厳密対角化法、量子モンテカルロ法などの強力な数値計算法を用いて予備的な計算を始めているが、準周期系特有の超伝導相関を記述する十分大きな系の解析には、相当な計算資源が必要である。本研究では、研究室所有の計算機だけでなく、物性研究所などのスーパーコンピュータを用いることで解決し、強相関準周期系における極低温の超伝導物性について明らかにする。

◆ 準周期構造を取り扱う理論の枠組みとして、これまで実空間動的平均場近似を用いて解析を行ってきた。この方法は局所電子相関効果を精度よく取り扱うことができるが、長距離相関効果についてはハートレーフォック近似程度でしか取り入れられず、相関効果がどの程度低温物性に影響を与えるのか詳細に検討する必要がある。本研究では、実空間に拡張したデュアルフェルミオン法を提案し、準周期系超伝導における非局所電子相関効果の重要性について調べる。計画をスムーズに進めるため、開放端を持つシンプルな正方格子をはじめに取り扱い、サイト依存した超伝導秩序変数などの物理量に対するサイト間相関効果について調べる。その後、準周期系について取り扱い、超伝導現象に対する長距離相関効果についての解析を構築する。

4. 研究成果

準周期系特有の超伝導において基礎的で重要な問題が残っている。準結晶は、並進対称性をもたないため、波数はよい量子数とならない。そのため、従来から知られている波数 k , $-k$ の電子によるクーパーペア形成が自明ではなく、超伝導の実現性は明らかではない。また超伝導と同様に磁気的特性についても磁気構造についても明らかではないため、系統的に調べる必要がある。本研究ではまず、最もシンプルなサイトに依存した平均場近似を用いて、準周期系特有の物性について議論した。副格子構造を持つ二次元準周期系として、ペンローズ模型について最初取り上げその磁性について議論した。この 10 回対称性を持つペンローズ構造に特徴的な磁気的構造が現れることを実空間、補空間構造から明らかにした。一方で、二次元の他の準周期系にも現れるかどうか自明ではないため、8 回対称性をもつアンマンビーンカータイル、12 回対称性をもつ Socolar タイルについても調べ、束縛状態の性質、磁気的性質について系統的に調べた。現在もその系統的な解析を続けており、新たに六回対称性をもつ黄金比タイルを発見し、その磁気的性質についても調べた。取り扱った二次元準周期ハバード模型は、粒子正孔変換を施すことで、引力ハバード模型に帰着するため、準周期系特有の超伝導について議論することができたといえる。今回の解析では、ギャップ関数に空間構造をもつ超伝導状態については議論することができなかったが、それについては今後の研究課題としたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計29件（うち査読付論文 29件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 H. Taguchi, Y. Murakami and A. Koga	4. 巻 105
2. 論文標題 Thermally enhanced Majorana-mediated spin transport in the Kitaev model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 125137 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.105.125137	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 A. Koga and S. Coates	4. 巻 105
2. 論文標題 Ferrimagnetically ordered states in the Hubbard model on the hexagonal golden-mean tiling	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 104410 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.105.104410	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. Inayoshi, Y. Murakami, and A. Koga	4. 巻 105
2. 論文標題 Photoinduced dynamics of a quasicrystalline excitonic insulator	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 104307 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.105.104307	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 H. Taguchi, Y. Murakami, A. Koga and J. Nasu	4. 巻 104
2. 論文標題 Role of Majorana fermions in spin transport of anisotropic Kitaev model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 125139 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.104.125139	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 C. Yue, S. Hoshino, A. Koga, and P. Werner	4. 巻 104
2. 論文標題 Unconventional Pairing from Local Orbital Fluctuations in Strongly Correlated A3C60	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 0751-7 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.075107	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 A. Koga, Y. Murakami, and J. Nasu	4. 巻 103
2. 論文標題 Majorana correlations in the Kitaev model with ordered-flux structures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 214421 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.214421	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 A. Koga	4. 巻 62
2. 論文標題 Antiferromagnetically ordered state in the half-filled Hubbard model on the Socolar dodecagonal tiling	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mater. Trans.	6. 最初と最後の頁 360-366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MB2020003	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. Sakai and A. Koga	4. 巻 62
2. 論文標題 Effect of Electron-Electron Interactions on Metallic State in Quasicrystals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mater. Trans.	6. 最初と最後の頁 380-385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MB2020001	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. Murakami, S. Takayoshi, A. Koga, and P. Werner	4. 巻 103
2. 論文標題 High-harmonic generation in one-dimensional Mott insulator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 035110 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.035110	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 A. Koga	4. 巻 102
2. 論文標題 Superlattice structure in the antiferromagnetically ordered state in the Hubbard model on the Ammann-Beenker tiling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 115125 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.115125	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. Minakawa, Y. Murakami, A. Koga, and J. Nasu	4. 巻 125
2. 論文標題 Majorana-mediated spin transport in Kitaev quantum spin liquids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 047204 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.125.047204	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. Murakami, D. Golez, T. Kaneko, A. Koga, A. J. Millis, and P. Werner	4. 巻 101
2. 論文標題 Collective Modes in Excitonic Insulators: Effects of Electron-Phonon Coupling and Signatures in Optical Response	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 195118 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.195118	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. Inayoshi, Y. Murakami, and A. Koga	4. 巻 89
2. 論文標題 Excitonic condensation reflecting electronic states in two-band Penrose-Hubbard model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 064002 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.064002	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 A. Koga, T. Minakawa, Y. Murakami, and J. Nasu	4. 巻 89
2. 論文標題 Spin transport in the Quantum Spin Liquid State in the S=1 Kitaev model: role of the fractionalized quasiparticles	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 33701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.033701	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 A. Koga and J. Nasu	4. 巻 100
2. 論文標題 Residual entropy and spin fractionalizations in the mixed-spin Kitaev model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 100404 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.100404	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. Kamogawa, J. Nasu, and A. Koga	4. 巻 99
2. 論文標題 Ferromagnetic Instability for single-band Hubbard model in the strong-coupling regime	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 235107 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.235107	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 H. Tomishige, J. Nasu, and A. Koga	4. 巻 99
2. 論文標題 Low temperature properties in the Bilayer Kitaev model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 174424 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.174424	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. Minakawa, J. Nasu, and A. Koga	4. 巻 99
2. 論文標題 Quantum and classical behavior of spin-S Kitaev models in an anisotropic limit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 104408 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.104408	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. Minakawa, J. Nasu, and A. Koga	4. 巻 99
2. 論文標題 Quantum and classical behavior of spin-S Kitaev models in an anisotropic limit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 104408 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.104408	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. Ishigaki, J. Nasu, A. Koga, S. Hoshino, and P. Werner	4. 巻 99
2. 論文標題 Staggered ordered phases in the three-orbital Hubbard model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 085131 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.085131	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. Ishigaki, J. Nasu, and A. Koga	4. 巻 88
2. 論文標題 Symmetry breaking states in the half-filled two-orbital Hubbard model with crystalline electric field	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 024702 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.024702	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. Ishigaki, J. Nasu, A. Koga, S. Hoshino, and P. Werner	4. 巻 98
2. 論文標題 Spontaneously orbital-selective superconductivity in a three-orbital Hubbard model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 235120 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.235120	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 J. Oitmaa, A. Koga, and R. R. P. Singh	4. 巻 98
2. 論文標題 Incipient and well-developed entropy plateaus in spin-S Kitaev models	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 214404 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.214404	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 A. Koga, H. Tomishige, and J. Nasu	4. 巻 87
2. 論文標題 Ground-state and thermodynamic properties of an S=1 Kitaev model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 063703 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.063703	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 A. Koga, S. Nakauchi, and J. Nasu	4. 巻 97
2. 論文標題 Role of spin-orbit coupling in the Kugel-Khomskii model on the honeycomb lattice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 094427 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.094427	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 R. Shinzaki, J. Nasu, and A. Koga	4. 巻 97
2. 論文標題 Charge Kondo Effect and Superconductivity in the Falikov-Kimball model with the Pair Hopping	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 125130 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.125130	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 H. Tomishige, J. Nasu, and A. Koga	4. 巻 97
2. 論文標題 Interlayer Coupling Effect on a Bilayer Kitaev Model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 094403 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.094403	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 A. Koga and H. Tsunetsugu	4. 巻 96
2. 論文標題 Antiferromagnetic order in the Hubbard Model on the Penrose Lattice	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys. Rev. B	6. 最初と最後の頁 214402 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.214402	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 R. Shinzaki, J. Nasu, and A. Koga	4. 巻 809
2. 論文標題 Cluster Size Effects on Electronic Reconstruction in Quasiperiodic System	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Phys.: Conf. Ser.	6. 最初と最後の頁 012022 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/809/1/012022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計36件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 那須謙治, 村上雄太, 古賀昌久
2. 発表標題 Kitaエフ量子スピン液体におけるスピン輸送のフラックス散乱
3. 学会等名 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 兼平修, 土浦宏紀, 古賀昌久
2. 発表標題 Kitaエフスピン模型におけるスピン輸送とその制御
3. 学会等名 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 兼平修, 土浦宏紀, 古賀昌久
2. 発表標題 Kitaエフスピン模型におけるマヨラナ粒子の実空間ダイナミクスの解析
3. 学会等名 2022年春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田口滉一, 村上雄太, 古賀昌久
2. 発表標題 キタエフ模型のスピンの輸送特性に対する熱揺らぎの効果
3. 学会等名 2022年春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 飯島弘貴, 村上雄太, 古賀昌久
2. 発表標題 フィボナッチ格子上の強束縛模型における光学応答の理論研究
3. 学会等名 2022年春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古賀昌久, S. Coates
2. 発表標題 六回対称黄金比準周期タイルにおけるフェリ磁性
3. 学会等名 2022年春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村上雄太, 高吉慎太郎, 古賀昌久, Philipp Werner
2. 発表標題 一次元Mott絶縁体からの高次高調波発生: ダブロン・ホロンに対する3ステップ模型とスピンドYNAMIKSの効果
3. 学会等名 日本物理学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯島弘貴, 村上雄太, 古賀昌久
2. 発表標題 フィボナッチ格子上の強束縛模型における光学応答
3. 学会等名 日本物理学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲吉健, 村上雄太, 古賀昌久
2. 発表標題 準結晶励起子絶縁体における光誘起ダイナミクスII
3. 学会等名 日本物理学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古賀昌久, 村上雄太, 那須謙治
2. 発表標題 キタエフ模型におけるマヨラナ相関
3. 学会等名 日本物理学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯島弘貴, 村上雄太, 古賀昌久
2. 発表標題 Fibonacci格子強束縛模型における非線形光学応答
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲吉健, 村上雄太, 古賀昌久
2. 発表標題 準結晶励起子絶縁体における光誘起ダイナミクス
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 皆川哲哉, 村上雄太, 古賀昌久, 那須讓治
2. 発表標題 キタエフ模型におけるスピン伝導
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田口滉一, 村上雄太, 古賀昌久
2. 発表標題 キタエフ模型のスピン輸送特性に対する異方性の効果
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清原越生, 古賀昌久
2. 発表標題 制限ボルツマンマシンによる2層Kitaev模型の基底状態の解析
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 砂川滉太, 村上雄太, 古賀昌久, 吉岡匠哉, 土浦宏紀
2. 発表標題 二重交換模型を用いた希土類磁石の解析
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 皆川哲哉, 那須謙治, 村上雄太, 古賀昌久
2. 発表標題 非一様磁場中キタエフ模型の磁化の空間依存性
3. 学会等名 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀昌久, 那須謙治
2. 発表標題 混合スピンキタエフ模型における熱力学特性
3. 学会等名 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村上雄太, Denis Golez, Paolo Andrich, Hope Bretscher, 金子竜也, 古賀昌久, Andy Millis, Philipp Werner
2. 発表標題 励起子絶縁相における集団励起モードへの電子格子相互作用の影響と観測可能性
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲吉健, 村上雄太, 古賀昌久
2. 発表標題 二軌道Penrose-Hubbardモデルにおける励起子凝縮
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹内勇輝, 那須讓治, 古賀昌久
2. 発表標題 準周期構造をもつ二重交換模型の磁性
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 皆川哲哉, 村上雄太, 古賀昌久, 那須讓治
2. 発表標題 非一様磁場中キタエフ模型の磁化の空間依存性2
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古賀昌久, 皆川哲哉, 村上雄太, 那須讓治
2. 発表標題 非一様磁場中 $S=1$ キタエフ模型における動的スピン相関
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 皆川哲哉, 那須謙治, 古賀昌久
2. 発表標題 スピンSキタエフ模型の異方的極限における低エネルギー有効模型
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Oitmaa, 古賀昌久, R. R. P. Singh
2. 発表標題 スピンSキタエフ模型の熱力学量に対する異方性の効果
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鴨川友輔, 那須謙治, 古賀昌久
2. 発表標題 単軌道ハバード模型の強磁性相に対する状態密度の効果についての解析
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀昌久, 富重博之, 那須謙治
2. 発表標題 スピンS=1キタエフ模型の基底状態と熱力学特性
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鴨川友輔, 那須謙治, 古賀昌久
2. 発表標題 単軌道ハバード模型における強磁性への不安定性
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富重博之, 那須謙治, 古賀昌久
2. 発表標題 2層キタエフ模型におけるダイマー相 - スピン液体相間の相転移
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石垣耕祐, 那須謙治, 古賀昌久, 星野晋太郎, Philipp Werner
2. 発表標題 反強磁性Hund結合をもつ3軌道Hubbard模型において現れる特異な量子相の安定性
3. 学会等名 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古賀昌久
2. 発表標題 ペンローズ格子上の電子状態
3. 学会等名 第73回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古賀昌久, 常次宏一
2. 発表標題 ペンローズハバード模型における反強磁性秩序
3. 学会等名 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田口陽二郎, 那須謙治, 古賀昌久, 吉岡匠哉, 土浦宏紀
2. 発表標題 希土類磁石の磁性に対する伝導電子の効果
3. 学会等名 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富重博之, 那須謙治, 古賀昌久
2. 発表標題 2層キタエフ模型における層間相互作用の効果
3. 学会等名 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古賀昌久, 中内子竜, 那須謙治
2. 発表標題 八ニカム格子上多軌道模型におけるスピン軌道相互作用の効果
3. 学会等名 2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石垣耕祐, 那須謙治, 古賀昌久
2. 発表標題 2軌道ハバード型における励起子相と軌道秩序相の競合II
3. 学会等名 2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

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