

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02206

研究課題名(和文) スピンの分数化による量子スピン液体の開拓

研究課題名(英文) Exploration of quantum spin liquids by fractionalization of spins

研究代表者

求 幸年 (Motome, Yukitoshi)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授

研究者番号：40323274

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,400,000円

研究成果の概要(和文)：固体中で強く相互作用しあう電子がもたらす特異な量子状態である量子スピン液体は、物性物理学における長年の大きな謎のひとつである。本研究では、大規模な数値計算手法の開発と適用により、量子スピン液体において電子の持つスピンの分数化を起こすという顕著な性質がもたらす物性を解明した。具体的には、様々な観測可能な物理量の振る舞いを明らかにすることで、量子スピン液体の実験的な同定に資する理論を構築した。さらに、新しい量子スピン液体状態や、スピンの引き起こす気液転移や液液転移といった新規な相転移現象を開拓した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、量子スピン液体におけるスピンの分数化にまつわる実験的に検証可能な特徴が浮き彫りとなることで世界的な新しい研究の潮流が生まれ、理論と実験の緊密な連携による量子スピン液体の実証研究が飛躍的に発展した。また、種々の量子スピン液体状態と、それらが関わる相転移現象の理論的な確立と開拓を通じて、トポロジーを中心とした数理物理分野や、量子コンピュータへの応用を念頭においた量子情報分野、素粒子物理学における格子ゲージ理論とのつながりなど、物性物理学の枠を超えた幅広い分野へ大きな波及効果を与えた。

研究成果の概要(英文)：The quantum spin liquid, which is an exotic quantum state brought about by strongly interacting electrons in solids, is one of the long-standing problems in condensed matter physics. Developing and applying large-scale numerical methods, we have clarified physical properties caused by a salient feature of the quantum spin liquid, fractionalization of electron spins. Specifically, by elucidating the behavior of various physical observables, we have successfully constructed a theoretical framework which is useful for experimental identification of the quantum spin liquid. Furthermore, we have discovered novel quantum spin liquids and phase transitions such as gas-liquid and liquid-liquid transitions caused by spins.

研究分野：強相関電子系理論

キーワード：磁性 強相関電子系 物性理論 計算物理 トポロジー

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

固体中を運動する電子間に働く相互作用がもたらす強相関効果は、さまざまな新しい物性の源泉として物性物理学における中心課題のひとつであり続けている。例えば、電子相関がもたらす金属絶縁体転移(モット転移)や非フェルミ流体、非従来型超伝導に対する長年の精力的な研究は、数々の知見をもたらすとともに新たに多くの問題を提起し続けてきた。

こうした積年の未解決問題のひとつに、量子スピン液体の問題がある。1973年にP.W. Andersonは、強い電子相関のもとで局在した電子スピンの状態(常磁性・磁気秩序・それらの中間)と物質の3態(気体・固体・液体)のアナロジーに基づき、極低温まで液体のままであるヘリウムからの類推として、絶対零度でも磁気秩序を示さない量子スピン液体という概念を提案した。これは、強い量子揺らぎがスピンの秩序化(固化)を妨げることによって実現される新しい量子状態である。この提案は実験・理論ともに興味を集め、以来40年以上にわたってさまざまな磁性体や理論模型が精力的に研究されている。とりわけ最近では、量子スピン液体が示す特徴的な量子もつれを量子演算に用いる提案がなされるなど、物性物理学の枠を超えた幅広い分野から注目を浴びていた。

これまでの量子スピン液体の研究は、主に磁気的な相互作用の競合や格子構造のフラストレーションなどにより秩序化が妨げられる領域において行われてきた。しかしそこでは、非常に小さなエネルギースケールにおける異なる状態間の競合を取り扱う必要があることから、実験・理論ともに明確な結論を出すことが難しい。例えば理論的な数値計算では、手法や計算条件の詳細によって結果が異なるといった問題が見られる。一方、実験的には候補物質がいくつか見出されているものの、量子スピン液体の直接検証には至っていない。そこでは極低温まで何の磁気秩序の兆候も見られないことをもって量子スピン液体の証拠としているが、一般に不在証明は原理的に不可能であるため、より直接的な実験的証拠を確立することが喫緊の課題となっていた。

こうした量子スピン液体研究に、近年革新が起き、世界的な研究の一大潮流が生じている。これはA. Kitaevによる2次元量子スピン模型、いわゆるKitaev模型の提案に端を発する。このモデルの基底状態は厳密に量子スピン液体であり、スピンのマヨラナフェルミオンに分数化するという特徴的な振る舞いを示す。このスピンの分数化は、分数量子ホール効果における電荷の分数化に並んで、量子多体系特有の基本的で非自明な現象と考えられる。この知見に刺激されて、新しい量子スピン液体状態とそれらの性質が次々と理論的に開拓されつつある。さらに興味深いことに、この模型がスピン軌道相互作用の強い強相関電子系に対する良いモデルとなりうることが指摘され、IrやRuを含む候補物質の実験研究が爆発的に進められていた。

こうした理論・実験を両輪とした研究の大きなうねりの中、研究代表者と分担者らは、Kitaev模型が示すスピンの分数化に着目した大規模数値計算による共同研究を推進してきた。これらは、代表者がこれまでに行ってきたフラストレーションのある電荷・スピン・軌道結合系の研究[特定領域研究 H19-H23, 基盤研究(B)(一般) H21-H23, H24-H27]の経験と蓄積に深く根ざしている。すなわち、スピン液体という観点でフラストレーションに関する知見が生かされているのはもちろんのこと、研究手法の面でも、これまで発展させてきた数々の数値計算手法が強力な推進力となっている。この共同研究を通じて明らかになってきたことは、量子スピン液体の本質であるスピンの分数化は、低温での磁気秩序の有無にかかわらず、常磁性状態における温度・エネルギー依存性に特徴的な形で現れるということである。この新しい知見について、代表者と連携研究者及び海外の研究協力者は、日本物理学会第70回年次大会において代表者が主催したシンポジウム「スピン軌道物理の新展開 - Kitaev型異方的相互作用が創出する新奇な物性」や、代表者が海外の研究協力者を訪問した機会などを捉えて継続的に検討を重ねてきた。こうした議論を通じて、これまでの独創的で先駆的な研究を格段に発展させる機運が高まっていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、固体中の電子間に働く強相関効果がもたらす新しい量子状態である量子スピン液体の性質を、「スピンの分数化」という特徴的な現象を軸に解明することである。スピンの分数化を積極的に用いた種々の大規模数値計算を用いて、対称性の差異がもたらす量子スピン液体の物理を解明・深化するとともに、さらに新規な量子状態と相転移現象の理論的な開拓を行う。また、スピンの分数化が、さまざまな物理量の温度・磁場・エネルギー依存性にどのように現れるかを解明することで、量子スピン液体とスピンの分数化の実験検証に資する理論提案を行う。これらを通じて、物性物理学における積年の難問を解決するとともに、数理物理・量子情報・素粒子物理学など、幅広い分野にまたがる共通概念の確立と分野融合研究の創成・発展を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、新しい量子スピン液体やそれに伴う新しい相転移現象に関する理論の確立と、それらの実験的な検証を目的として、量子スピン液体が示すスピンの分数化を用いた複数の新しい数値計算手法を相補的に用いた研究を展開する。具体的には、スピンの分数化によるマヨラナ粒子表示を用いた数値計算手法として、平均場近似法、量子モンテカルロ法、厳密対角化法など、可能な限り近似のない数値シミュレーションを実行することで、量子スピン液体において本質的な役割を果たす量子揺らぎと熱揺らぎの効果を理論的にきちんと取り扱った研究を遂行する。

4. 研究成果

【2016 年度】研究計画に沿って研究を推進し、以下の研究成果を得た。(1) 計算機環境の構築：本研究計画をスムーズに遂行するために、新しい計算機システムを導入し、代表者と分担者で共有して使用できる計算機環境を構築した。(2) 計算プログラムの開発・整備：これまで用いていた量子モンテカルロ法において、律速であった厳密対角化の部分にグリーン関数法と多項式展開法を導入した新しいモンテカルロ法を開発した。(3) 3次元ハイパーオクタゴン格子上のキタエフ模型の計算：(2)で開発した新しい手法を3次元ハイパーオクタゴン格子上のキタエフ模型に適用して、量子スピン液体と常磁性状態の間に有限温度相転移が生じることを明らかにした。また、この相転移が先行研究で見出されていた3次元ハイパー八ニカム格子モデルにおけるものと同様の機構によることを示した。さらに、両者の場合に相転移温度を比較することで、基底状態におけるフラックスギャップとの相関を明らかにした。(4) 3次元ハイパー八ニカム格子上のキタエフ模型におけるスピンドイナミクス：クラスター動的平均場法あるいは量子モンテカルロ法と連続時間量子モンテカルロ法を組み合わせた計算により、3次元キタエフ模型のスピンドイナミクスの温度変化を初めて明らかにした。(5) キタエフ-イジング模型における"液-液"転移：キタエフ模型にイジング相互作用を導入したモデルに対して、マヨラナフェルミオン平均場近似・厳密対角化・有効模型解析を相補的に組み合わせ合わせた研究を行い、キタエフ量子スピン液体とネマチック的な量子無秩序状態との間に1次相転移が生じることを見出した。さらに、有限温度において1次転移線は臨界点で終端し、2つの液体状態が、スピンの分断化した常磁性領域を通じて連続的につながっていることも示した。

7月14, 15日に「第一回 量子スピン液体研究の新展開」と題した研究会を主催し、量子スピン液体の関連研究者ならびに素粒子物理学や量子情報の分野の関連研究者に招待講演をお願いするとともに、本研究グループからの発表も行い、現状の整理と今後の研究展開を議論した。

【2017 年度】研究計画に沿って研究を推進し、それをさらに発展させることで、以下の研究成果を得た。(1) 昨年度開発した新しいスピンドイナミクスの計算手法である量子モンテカルロ法と連続時間量子モンテカルロ法を組み合わせた手法により、2次元八ニカム格子及び3次元ハイパー八ニカム格子上のキタエフ模型における磁化率、動的スピン構造因子、核磁気共鳴におけるスピン緩和率の計算を行い、論文としてとりまとめて出版した。ここでは、特に、これまでは難しかった低温における計算を行うことで、フラックス励起の影響を初めて明らかにした。(2) 上記の動的スピン構造因子の計算結果について、韓国の実験グループと共同研究を行い、理論と実験の間に見られた良い一致から得られた知見を取りまとめて論文として発表した。(3) キタエフ模型における熱伝導の理論計算を行った。まず、縦伝導に関しては、遍歴的なマヨラナ励起に対応した大きな寄与が存在することと、局在的なフラックス励起が有限周波数領域に非自明な寄与をもたらすことを明らかにした。さらに、横伝導の計算も行い、広い温度範囲にわたって熱ホール応答が現れ、特徴的な温度依存性を示すことを明らかにした。(4) 上記の計算結果について、京都大学の実験グループと議論を行い、理論と実験の間に見られた良い一致から得られた知見を論文として取りまとめた。(5) ハイパーノナゴン格子と呼ばれる3次元格子上のキタエフ模型に対する研究を行い、3次元カイラルスピン液体への有限温度相転移の様子を始めて明らかにした。(6) これまで、キタエフ量子スピン液体を実現する候補物質としては d^5 低スピン系が考えられてきたが、 d^7 高スピン系においてもキタエフ的な相互作用が現れ売ることを理論的に示した。

昨年度に引き続き、12月13-15日に「第二回 量子スピン液体研究の新展開」と題した研究会を主催した。量子スピン液体に関する主要な関連研究者に招待講演をお願いするとともに、本研究グループからの発表も行い、実験・理論にまたがる研究の展開を整理するとともに、今後の研究指針を議論した。

【2018 年度】前年度までの研究をさらに発展させて研究を推進するとともに、新しい課題にも挑戦することで、以下の研究成果を得た。(1) 前年度からの実験グループとの共同研究を進展させ、キタエフ量子スピン液体の候補物質のひとつである -RuCl_3 において、磁場中で熱ホール伝導度が半整数値に量子化する顕著な現象を見出し、学術論文として取りまとめたものを Nature に出版した。(2) キタエフ模型にマヨラナ平均場近似を適用することで、磁場中での振る舞いを調べ、キタエフ相互作用が反強磁性の場合には、マヨラナフェルミオン状態のトポロジカルな相転移により、新しい量子スピン液体状態が現れることを明らかにした。(3) スピンの大きさを拡張したキタエフ模型に対して、相互作用が異方的な極限における有効模型を解析し、スピンの大きさが整数の場合には半整数の場合とは異なる振る舞いが現れることを明らかにした。(4) 第一原理計算を用いたキタエフ候補物質の物質設計を行い、 A_2PrO_3 ($\text{A}=\text{Li, Na}$)といった希土類化合物や、極性をもった $4d, 5d$ スピン軌道モット絶縁体が良い候補となることを明らかにした。(5) ラマン散乱スペクトルや NMR スピン格子緩和率に関して、国内外の実験グループとの共同研究を行ない、スピンの分断化現象の実験的な検証に関する新しい知見を得た。(6) 海外の研究協力者のひとりである Simon Trebst 教授のグループとの共同研究として、3次元キタエフ模型に現れるゲージ場のフラストレーションによる興味深い相転移現象を明らかにした。

【2019 年度】前年度までの研究をさらに発展させて研究を推進するとともに、新しい課題にも

挑戦することで、以下の研究成果を得た。(1) 実験グループとの共同研究をさらに発展させ、熱ホール伝導度の半整数量子化、NMR スピン格子緩和率、ラマン散乱の実験結果を解析し、キタエフスピン液体に特徴的なスピンの分数化との関連を明らかにした。(2) 第一原理計算を用いたキタエフ候補物質の物質設計に関して、希土類化合物 $A_2\text{PrO}_3$ (A =アルカリ金属) に対する系統的な研究を行い、反強磁性キタエフ相互作用の起源を微視的に明らかにした。(3) 海外の研究協力者のひとりである Simon Trebst 教授のグループとの共同研究として、2 種類の 3 次元キタエフ模型に現れる興味深い相転移現象を明らかにした。(4) 磁場クエンチによって生じる実時間ダイナミクスを調べ、時間・エネルギースケールの異なる磁化の振動現象や、フェルミ面誘起といったスピンの分数化に起因した特徴的な振る舞いが現れることを明らかにした。(5) 磁場中のキタエフ模型に適用可能な数値計算アルゴリズムを開発し、それによりスピン励起を調べることで、分数スピン励起から通常のマグノン励起へのクロスオーバー現象を明らかにした。(6) 2 層キタエフ模型の磁気ダイナミクスと有限温度の熱力学的性質を調べることで、キタエフ量子スピン液体とダイマーシングレット相の間の相転移現象を明らかにした。(7) 長さが異なる 2 種類のスピンを持ったキタエフ模型に対して、有限温度の計算を行い、低温で巨視的なエントロピーが残留することを見出した。(8) スピン 1 のキタエフ模型における磁気励起の輸送特性を調べ、磁気分極していない量子スピン液体の領域においても磁気励起が伝わることを見出した。

11 月 27, 28 日に行われた国際会議「The 3rd Asia-Pacific workshop on Quantum Magnetism」において、キタエフ量子スピン液体に関する focus session を企画・実行した。本研究グループのメンバーを含む 17 名の主要な関連研究者に招待講演をお願いし、本プロジェクトの成果を含めて研究の最前線の問題を議論した。

本研究を通じて得られた研究成果は、国際会議や学会等で積極的に発表を行ってきた。主だったものとしては、The 2nd Conference on Condensed Matter Physics (CCMP2016)における基調講演、米国物理学会 2018 APS March meeting における招待講演、フラストレート磁性体に関する国際会議 International Conference on Highly Frustrated Magnetism 2018 (HFM2018)における招待講演、日本物理学会第 73 回年次大会および 2018 年秋季大会におけるシンポジウム講演、KITP Conference: Topological Quantum Matter: From Fantasy to Reality における招待講演などが挙げられる。また、本研究計画において得られた成果を取りまとめた解説記事として、固体物理の誌上セミナー全 4 回、レビュー論文を 2 編 (J. Phys. Soc. Jpn.の INVITED PAPER と J. Phys.: Cond. Matter の Special Issue) 上梓した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 28件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Jang Seong-Hoon, Sano Ryoya, Kato Yasuyuki, Motome Yukitoshi	4. 巻 99
2. 論文標題 Antiferromagnetic Kitaev interaction in f-electron based honeycomb magnets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 241106(R)-1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.241106	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 Eschmann T., Mishchenko P. A., Bojesen T. A., Kato Y., Hermanns M., Motome Y., Trebst S.	4. 巻 1
2. 論文標題 Thermodynamics of a gauge-frustrated Kitaev spin liquid	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 032011(R)-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.1.032011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Nasu Joji, Motome Yukitoshi	4. 巻 1
2. 論文標題 Nonequilibrium Majorana dynamics by quenching a magnetic field in Kitaev spin liquids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 033007-1~16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.1.033007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Motome Yukitoshi, Nasu Joji	4. 巻 89
2. 論文標題 Hunting Majorana Fermions in Kitaev Magnets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 012002-1~41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.012002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mishchenko Petr A., Kato Yasuyuki, O'Brien Kevin, Bojesen Troels A., Eschmann Tim, Hermanns Maria, Trebst Simon, Motome Yukiotoshi	4. 巻 101
2. 論文標題 Chiral spin liquids with crystalline Z2 gauge order in a three-dimensional Kitaev model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 045118-1~13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.045118	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 Nagai Yuya, Jinno Takaaki, Yoshitake Junki, Nasu Joji, Motome Yukiotoshi, Itoh Masayuki, Shimizu Yasuhiro	4. 巻 101
2. 論文標題 Two-step gap opening across the quantum critical point in the Kitaev honeycomb magnet -RuCl3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 020414(R)-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.020414	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 Wang Yiping, Osterhoudt Gavin B., Tian Yao, Lampen-Kelley Paige, Banerjee Arnab, Goldstein Thomas, Yan Jun, Knolle Johannes, Ji Huiwen, Cava Robert J., Nasu Joji, Motome Yukiotoshi, Nagler Stephen E., Mandrus David, Burch Kenneth S.	4. 巻 5
2. 論文標題 The range of non-Kitaev terms and fractional particles in -RuCl3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 npj Quantum Materials	6. 最初と最後の頁 14-1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41535-020-0216-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yoshitake Junki, Nasu Joji, Kato Yasuyuki, Motome Yukiotoshi	4. 巻 101
2. 論文標題 Majorana-magnon crossover by a magnetic field in the Kitaev model: Continuous-time quantum Monte Carlo study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 100408(R)-1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.100408	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 Sugita Yusuke, Kato Yasuyuki, Motome Yukitoshi	4. 巻 101
2. 論文標題 Antiferromagnetic Kitaev interactions in polar spin-orbit Mott insulators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 100410(R)-1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.100410	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 Tomishige Hiroyuki, Nasu Joji, Koga Akihisa	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 Physical Review 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 Koga Akihisa, Nasu Joji	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 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 100404(R)-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 Koga Akihisa, Minakawa Tetsuya, Murakami Yuta, Nasu Joji	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 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 033701-1~4
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 求 幸年, 那須謙治	4. 巻 54
2. 論文標題 誌上セミナー：量子スピン液体研究の最前線（その3）	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 固体物理	6. 最初と最後の頁 217 ~ 236
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kasahara Y., Sugii K., Ohnishi T., Shimozawa M., Yamashita M., Kurita N., Tanaka H., Nasu J., Motome Y., Shibauchi T., Matsuda Y.	4. 巻 120
2. 論文標題 Unusual Thermal Hall Effect in a Kitaev Spin Liquid Candidate -RuCl ₃	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 21720-1 ~ 6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.217205	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 Kasahara Y., Ohnishi T., Mizukami Y., Tanaka O., Ma Sixiao, Sugii K., Kurita N., Tanaka H., Nasu J., Motome Y., Shibauchi T., Matsuda Y.	4. 巻 559
2. 論文標題 Majorana quantization and half-integer thermal quantum Hall effect in a Kitaev spin liquid	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 227 ~ 231
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1038/s41586-018-0274-0	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 Nasu Joji, Kato Yasuyuki, Kamiya Yoshitomo, Motome Yukihiro	4. 巻 98
2. 論文標題 Successive Majorana topological transitions driven by a magnetic field in the Kitaev model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 060416-1 ~ 6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1103/PhysRevB.98.060416	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 求 幸年, 那須 謙治	4. 巻 53
2. 論文標題 量子スピン液体研究の最前線(その2)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 固体物理	6. 最初と最後の頁 305 ~ 316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Minakawa Tetsuya, Nasu Joji, Koga Akihisa	4. 巻 99
2. 論文標題 Quantum and classical behavior of spin-S Kitaev models in the anisotropic limit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review 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) https://doi.org/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 Junki Yoshitake, Joji Nasu, Yasuyuki Kato, and Yukitoshi Motome	4. 巻 96
2. 論文標題 Majorana dynamical mean-field study of spin dynamics at finite temperatures in the honeycomb Kitaev model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 024438/1-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.024438	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 Junki Yoshitake, Joji Nasu, and Yukitoshi Motome	4. 巻 96
2. 論文標題 Temperature evolution of spin dynamics in two- and three-dimensional Kitaev models: Influence of fluctuating Z ₂ flux	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 064433/1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.064433	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 Petr A. Mishchenko, Yasuyuki Kato, and Yukitoshi Motome	4. 巻 96
2. 論文標題 Finite-temperature phase transition to a Kitaev spin liquid phase on a hyperoctagon lattice: A large-scale quantum Monte Carlo study	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 125124/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.125124	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 Do Seung-Hwan, Park Sang-Youn, Yoshitake Junki, Nasu Joji, Motome Yukitoshi, Kwon Yong-Seung, Adroja D. T., Voneshen D. J., Kim Kyoo, Jang T.-H., Park J.-H., Choi Kwang-Yong, Ji Sungdae	4. 巻 13
2. 論文標題 Majorana fermions in the Kitaev quantum spin system -RuCl ₃	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Physics	6. 最初と最後の頁 1079 ~ 1084
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nphys4264	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 Joji Nasu, Junki Yoshitake, and Yukitoshi Motome	4. 巻 119
2. 論文標題 Thermal Transport in the Kitaev Model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 127204/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.119.127204	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 Yasuyuki Kato, Yoshitomo Kamiya, Joji Nasu, and Yukitoshi Motome	4. 巻 96
2. 論文標題 Chiral spin liquids at finite temperature in a three-dimensional Kitaev model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 174409/1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.174409	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 Ryoya Sano, Yasuyuki Kato, and Yukitoshi Motome	4. 巻 97
2. 論文標題 Kitaev-Heisenberg Hamiltonian for high-spin d7 Mott insulators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 014408/1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.014408	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 Joji Nasu, Yasuyuki Kato, Junki Yoshitake, Yoshitomo Kamiya, and Yukitoshi Motome	4. 巻 118
2. 論文標題 Spin-Liquid-Spin-Liquid Transition in Kitaev Magnets Driven by Fractionalization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 137203/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.118.137203	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 Junki Yoshitake, Joji Nasu, and Yukitoshi Motome	4. 巻 117
2. 論文標題 Fractional Spin Fluctuations as a Precursor of Quantum Spin Liquids: Majorana Dynamical Mean-Field Study for the Kitaev Model	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 157203/1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.117.157203	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 Joji Nasu, Johannes Knolle, Dmitry L. Kovrizhin, Yukitoshi Motome, and Roderich Mo	4. 巻 12
2. 論文標題 Fermionic response from fractionalization in an insulating two-dimensional magnet	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nature Physics	6. 最初と最後の頁 912-915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1038/nphys3809	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

[学会発表] 計79件(うち招待講演 34件/うち国際学会 35件)

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Hunting Majorana fermions in Kitaev magnets
3. 学会等名 CEMS Symposium on Emergent Quantum Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majorana signatures in proximate Kitaev spin liquids
3. 学会等名 International Conference on Frontiers of Correlated Electron Sciences (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Fractional Majorana excitations in Kitaev spin liquids
3. 学会等名 The 5th Conference on Condensed Matter Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Fractional spin dynamics in Kitaev magnets
3. 学会等名 KITP Conference: Topological Quantum Matter: From Fantasy to Reality, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majorana Excitations in Kitaev Magnets under a Magnetic Field
3. 学会等名 14th Asia-Pacific Physics Conference (APPC 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majorana signatures in Kitaev magnets under magnetic fields
3. 学会等名 The 3rd Asia-Pacific workshop on Quantum Magnetism (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuyuki Kato
2. 発表標題 Three-dimensional chiral spin liquids in hypernonagon Kitaev model
3. 学会等名 The 3rd Asia-Pacific workshop on Quantum Magnetism (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Joji Nasu
2. 発表標題 Nonequilibrium dynamics in Kitaev spin liquids with fractional Majorana quasiparticles
3. 学会等名 The 3rd Asia-Pacific workshop on Quantum Magnetism (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Joji Nasu
2. 発表標題 Magnetic-field effect and transport properties in Kitaev spin liquids
3. 学会等名 3rd EPIQS-TMS alliance workshop on Topological Phenomena in Quantum Materials (TPQM2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 求 幸年
2. 発表標題 磁性体に現れるマヨラナ粒子
3. 学会等名 令和元年度 東北大学 電気通信研究所 共同プロジェクト研究会 「固体素子における非平衡ダイナミクスの精緻な理解と機能開拓」 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 求 幸年
2. 発表標題 Kitaevスピン液体におけるマヨラナ励起の検証：現状と今後
3. 学会等名 新学術領域研究「トポロジーが紡ぐ物質科学のフロンティア」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」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤康之
2. 発表標題 ハイパーノナゴン格子Kitaev模型の3次元カイラルスピン液体
3. 学会等名 第14回量子スピン系研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 那須謙治
2. 発表標題 キタエフスピン液体における交流磁場による共鳴マヨラナ励起
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富永貴弘
2. 発表標題 -RuCl ₃ における熱輸送とIr置換効果
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横井太一
2. 発表標題 -RuCl ₃ のキタエフスピン液体状態におけるChern数の磁場角度依存性
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 清水康弘
2. 発表標題 Kitaev量子スピン液体候補 -RuCl ₃ における磁気励起の異方性
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 那須謙治
2. 発表標題 Kitaev量子スピン液体に対する乱れの効果
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 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majorana fermions in Kitaev spin liquids
3. 学会等名 Trends in Quantum Magnetism, 673. Wilhelm und Else Heraeus-Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majorana signatures in Kitaev quantum spin liquids in a magnetic field
3. 学会等名 International Conference on Highly Frustrated Magnetism 2018 (HF2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majorana fermions in Kitaev magnets: beyond Ir and Ru compounds
3. 学会等名 International Workshop: Frustration, Orbital Fluctuations, and Topology in Kondo Lattices and their relatives (fotok18) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majorana and flux excitations in Kitaev spin liquids
3. 学会等名 Workshop on Spin-orbit Coupled Topological States (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majorana fermions in honeycomb Kitaev magnets
3. 学会等名 The 8th Indo-Japan Seminar: Designing Emergent Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majorana Fermions in Topological Magnets
3. 学会等名 MANA International Symposium 2019: Toward Perceptive Nanomaterials, Devices and Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshitomo Kamiya
2. 発表標題 Nonlinear magnetic susceptibility in the Kitaev model
3. 学会等名 American Physical Society March meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Petr A. Mishchenko
2. 発表標題 Three-dimensional chiral spin liquids in the Kitaev model on a hypernonagon lattice
3. 学会等名 American Physical Society March meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuhiro Shimizu
2. 発表標題 NMR observation of field induced fractionalized spin excitations in the Kitaev spin liquid candidate
3. 学会等名 American Physical Society March meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yiping Wang
2. 発表標題 High Temperature Fermi Statistics from Majorana Fermions in an Insulating Magnet
3. 学会等名 American Physical Society March meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 那須謙治
2. 発表標題 キタエフスピン液体における磁場誘起トポロジカル転移
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 那須謙治
2. 発表標題 キタエフ模型における磁場クエンチによる非平衡ダイナミクス
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 求幸年
2. 発表標題 Ki taev磁性体の磁気励起（シンポジウム講演）
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 馬斯嘯
2. 発表標題 -RuCl ₃ におけるマヨラナ量子化条件の検証
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 杉田悠介
2. 発表標題 複合アニオンをもつ八ニカム構造遷移金属化合物におけるスピン軌道物性
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 ミシエンコピョートル
2. 発表標題 三次元ハイパーノナゴン格子上のキタエフ模型におけるカイラルスピン液体
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 張成燾
2. 発表標題 キタエフスピン液体の希土類材料探索
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 那須謙治
2. 発表標題 キタエフ模型における磁場中スピンドYNAMIX
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 杉田悠介
2. 発表標題 スピン軌道モット絶縁体において極性構造が誘起する反強磁性キタエフ型相互作用
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 馬斯嘯
2. 発表標題 -RuCl ₃ における熱ホール効果の磁場角度依存性
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 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Thermal Fractionalization in Kitaev Quantum Spin Liquids
3. 学会等名 2018 APS March meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Fractional spin in quantum spin liquids
3. 学会等名 International workshop Frontiers in Strongly Correlated Electron System (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majorana fermions in Kitaev magnets
3. 学会等名 J-Physics 2017: International Workshop on Multipole Physics and Related Phenomena (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshitomo Kamiya
2. 発表標題 Sign change of the nonlinear spin susceptibility and the ferromagnetic Kitaev model
3. 学会等名 The 2nd Shanghai Forum "Spin Frustration and Spin Liquid" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majorana fermions in Kitaev spin liquids
3. 学会等名 1st Asia Pacific Workshop on Quantum Magnetism (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 馬 斯嘯
2. 発表標題 Kitaevスピ液体における半整数量子熱ホール効果の観測
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤康之
2. 発表標題 ハイパーノナゴン格子キタエフ模型の基底状態解析
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 求 幸年
2. 発表標題 Kitaevスピン液体の理論：Majorana粒子の観測に向けて
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤康之
2. 発表標題 3次元カイラルスピン液体への有限温度相転移：ハイパーノナゴン格子キタエフ模型の異方極限におけるモンテカルロシミュレーション
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉竹純基
2. 発表標題 2次元及び3次元のキタエフ模型におけるスピンドYNAMIKSの温度変化：ゲージフラックスの揺らぎの効果
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 那須謙治
2. 発表標題 キタエフスピン液体に対する磁場効果
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 紙屋佳知
2. 発表標題 ギャップフル・キタエフ・スピン液体のZ2フラックスと線形・非線形磁場応答：強磁性モデルと反強磁性モデル
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大西隆史
2. 発表標題 -RuCl ₃ のKitaevスピン液体状態におけるマヨラナカイラルエッジ電流
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長井優弥
2. 発表標題 八ニカム格子反強磁性体 -RuCl ₃ における磁場誘起相転移
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐野了也
2. 発表標題 d7高スピン電子配置に対するKitaev-Heisenberg模型
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Evincing Majorana fermions in Kitaev magnets
3. 学会等名 APCTP-Quantum Materials Symposium 2017 in conjunction with 17th Korea-Taiwan-Japan Workshop on SCES & APW (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Nasu, J. Yoshitake, and Y. Motome
2. 発表標題 Thermal transport in the Kitaev model
3. 学会等名 Topological Phases and Functionality of Correlated Electron Systems (TPFC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J. Nasu, J. Knolle, D. L. Kovrizhin, Y. Motome, and R. Moessner
2. 発表標題 Finite-temperature dynamics of emergent Majorana fermions in quantum spin liquids
3. 学会等名 EPIQS-TMS Trans-Pacific Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Diagnostic of fractionalized Kitaev spin liquids
3. 学会等名 14th Bilateral Japanese-German Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Joji Nasu
2. 発表標題 Fermionic response from fractionalization in quantum spin liquids
3. 学会等名 8th International Conference on Highly Frustrated Magnetism (HFM 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Fractional Spin Fluctuation as a Precursor of Quantum Spin Liquids
3. 学会等名 8th International Conference on Highly Frustrated Magnetism (HFM 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yukitoshi Motome
2. 発表標題 Majoranization in Kitaev spin liquids
3. 学会等名 The 2nd Conference on Condensed Matter Physics (CCMP2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yoshitomo Kamiya
2. 発表標題 Magnetic three states of matter: a quantum Monte Carlo study of the extended toric codes in 2D and 3D
3. 学会等名 The 2nd Conference on Condensed Matter Physics (CCMP2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 J. Nasu, Y. Kato, J. Yoshitake, Y. Kamiya, and Y. Motome
2. 発表標題 Liquid-Liquid Transition in Kitaev Magnets Driven by Spin Fractionalization
3. 学会等名 American Physical Society March meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S.-H. Do, S.-Y. Park, J. Yoshitake, J. Nasu, Y. Motome, Y. S. Kwon, D. T. Adroja, D. T. Adroja, D. Voneshen, J.-H. Park, K.-Y. Choi, and S. Ji
2. 発表標題 The realization of Majorana fermions in Kitaev Quantum Spin Lattice
3. 学会等名 American Physical Society March meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Anjana Samarakoon, Arnab Banerjee, Cristian Batista, Yoshitomo Kamiya, Alan Tennant, and Stephen Nagler
2. 発表標題 Comprehensive study of the dynamics of a classical Kitaev Spin Liquid
3. 学会等名 American Physical Society March meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 那須謙治
2. 発表標題 量子スピン液体の熱力学的性質とダイナミクスの理論的解明
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 ミシエンコピョートル, 加藤康之, 求幸年
2. 発表標題 ハイパーオクタゴン格子上のキタエフ模型が示す「気液」相転移の大規模数値計算
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長井優弥, 清水康弘, 伊藤正行, 吉竹純基, 那須謙治, 求幸年
2. 発表標題 Kitaev型八二カム格子反強磁性体 -RuCl ₃ におけるNMR
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉竹純基, 那須謙治, 求幸年
2. 発表標題 キタエフ模型における磁場効果: NMR磁気緩和率と非線形磁化率
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 那須謙治, 吉竹純基, 求幸年
2. 発表標題 キタエフ模型における熱輸送現象
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 求幸年
2. 発表標題 分数スピンの引き起こす新しい相転移
3. 学会等名 第5回パイロクロア研究会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 那須謙治, 吉竹純基, 求幸年
2. 発表標題 キタエフ模型における磁場下での熱ホール効果
3. 学会等名 第2回TMS領域研究会(TMS2016)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 求幸年
2. 発表標題 スピンの自由度が分数化すると何が起きるのか
3. 学会等名 平成28年度 東北大学 電気通信研究所 共同プロジェクト研究会 「電荷とスピンの制御に基づく精密物性科学の構築とデバイス応用」（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 那須謙治, 求幸年
2. 発表標題 キタエフ模型の磁場下での熱ホール効果
3. 学会等名 日本物理学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 那須謙治, J. Knolle, D. Kovrizhin, 求幸年, R. Moessner
2. 発表標題 キタエフ模型における分数化に由来したフェルミ励起: $-RuCl_3$ におけるラマン散乱実験との比較
3. 学会等名 日本物理学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 長井優弥, 清水康弘, 伊藤正行, 吉竹純基, 那須謙治, 求幸年
2. 発表標題 Kitaev型八ニカム格子反強磁性体 $-RuCl_3$ における ^{35}Cl NMR
3. 学会等名 日本物理学会2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 那須謙治
2. 発表標題 量子スピン液体の有限温度ダイナミクスと分数励起
3. 学会等名 平成28年度物性研究所短期研究会 パイ電子系物性科学の最前線 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 那須謙治
2. 発表標題 キタエフ模型の有限温度ダイナミクスと分数励起
3. 学会等名 第一回 量子スピン液体研究の新展開 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 紙屋佳知
2. 発表標題 量子スピン液体相・常磁性相・磁気秩序相の有限温度「三態」相図
3. 学会等名 第一回 量子スピン液体研究の新展開（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 求幸年
2. 発表標題 量子スピン液体の現状と将来 - Kitaevモデルを軸とした新展開
3. 学会等名 ワークショップ:物性物理・現状と将来（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 那須謙治
2. 発表標題 量子スピン系に内在するマヨラナダイナミクスとそのトポロジー
3. 学会等名 新学術領域「トポロジーが紡ぐ物質科学のフロンティア」公募班キックオフミーティング
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

科学研究費補助金 基盤研究(A) スピンの分数化による量子スピン液体の開拓
<http://www.motome-lab.t.u-tokyo.ac.jp/sfqs1/index.html>

東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 求研究室
<http://www.motome-lab.t.u-tokyo.ac.jp/index.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	那須 譲治 (Nasu Joji) (40610639)	横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授 (12701)	
研究分担者	加藤 康之 (Kato Yasuyuki) (50708534)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・助教 (12601)	
研究分担者	紙屋 佳知 (Kamiya Yoshitomo) (20732382)	国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・基礎科学特別研究員 (82401)	削除：2018年8月23日