

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K14371

研究課題名（和文）量子スピン液体と高次トポロジの協奏による新奇相の開拓

研究課題名（英文）Quest of novel phases due to collaboration between higher-order topology and quantum spin liquid

研究代表者

溝口 知成（Mizoguchi, Tomonari）

筑波大学・数理解物質系・助教

研究者番号：30821847

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では高次トポロジカル相や平方根トポロジカル相といった新奇概念同士の組み合わせや、量子多体系やフラストレートスピン系などの様々な舞台と組み合わせによって新奇量子相の発見を目指した。主要な成果として以下を得た。(i) 平方根高次トポロジカル絶縁体・平方根トポロジカル半金属の発見。(ii) クエンチダイナミクスによる高次トポロジカル相の特徴付け。(iii) 1次と2次のトポロジカル相が競合したモデルの相図の解析。(iv) 修飾ハニカム格子モデルにおける厳密可解なキタエフ型スピンモデルとその拡張。(v) 分数チャーン絶縁体における2粒子トポロジの意義の解明。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年のトポロジカル物質相の研究の進展は著しい。その中で本課題において平方根高次トポロジカル絶縁体に代表される新奇な相や概念を発見したことは学術的に意義深く、実際に本研究による理論的提案の後に複数の実験でその存在が確かめられるという波及効果があった。またトポロジカル物質相の諸概念が乱れに対し頑強な境界状態の発現機構として様々な物理系での応用可能性が指摘されており、本研究もトポロジカル物質相の基礎研究の一環として将来的な応用可能性の探索に資するものと期待される。

研究成果の概要（英文）：This research project aims to explore variety of novel topological phases by combining different novel concepts, or combining them with quantum many-body systems and frustrated spin systems. The main results of this project are as follows: (i) We have proposed square-root higher-order topological insulators and semimetals. (ii) We have proposed a marker of the higher-order topological phase under the quench dynamics. (iii) We have obtained the phase diagram of the model with competing first- and second-order topological phases. (iv) We have proposed the exactly-solvable Kitaev-type model on a decorated honeycomb model and its extension. (v) We have investigated the role of two-particle-band topology in the fractional Chern insulators.

研究分野：物性理論

キーワード：トポロジカル相 フラストレートスピン系 高次トポロジカル絶縁体 平方根トポロジカル絶縁体

1. 研究開始当初の背景

物質のトポロジカル相の研究は近年急速に発展している。特に新しいトポロジカル相の探索の進展は顕著であり、その一例に高次トポロジカル絶縁体が挙げられる。通常のトポロジカル絶縁体がバルクに対して1次元の低い境界(例えば2次元系の端)に局在する状態が発現するのに対し、高次トポロジカル絶縁体では2つ以上次元の低い境界(例えば2次元系の角)に局在する状態が発現する。研究代表者は本研究課題の申請前、高次トポロジカル絶縁体を、分離したクラスター状態への断熱接続という観点から理解するという視点で研究を行った。本研究ではこの描像を、相互作用しないフェルミオン系を超えた系、特に量子スピン液体の候補となりうるフラストレートスピン系に応用することで、新奇な量子相の創出に繋がるという着想を得た。

2. 研究の目的

本研究課題の当初の目的は、高次トポロジカル相の概念が他の興味深い量子相、特に量子スピン液体と絡み合うことで生み出される新奇な状態を探索することを目的とした。その際、研究代表者が課題開始前の研究で確立した、断熱接続による高次トポロジカル相の理解を着想の原点とすることで、アイデアの創出を目指した。課題開始直後に、当初の計画になかった展開として「平方根トポロジカル絶縁体」と呼ばれる別の新奇なトポロジカル相を高次トポロジカル相と融合させるという成果を得たため、以後は多彩なトポロジカル相の新奇概念同士の組み合わせ、または量子多体系・フラストレートスピン系などの様々な舞台との組み合わせによる新奇相の探索、および断熱接続の考え方を生かした高次トポロジカル相の理解の深化も研究目的に含め、多角的に研究を行った。

3. 研究の方法

研究代表者は高次トポロジカル相と平方根トポロジカル絶縁体をベースとした新奇な量子相に関するアイデアの創出を行った。その過程で共同研究者との議論を盛んに行った。着想した新奇相の実現例を実証するため、解析計算および数値計算を行った。また相互作用のない粒子系だけでなくスピン系や相互作用するボソン系を対象とした研究も行った。その際はモンテカルロ法や厳密解対角化などの数値的手法を用いた。

4. 研究成果

本課題の遂行を通じて以下の成果を得た。

i) 平方根トポロジカル絶縁体の多彩な拡張 [1,2,3,4]

近年、トポロジカル絶縁体を記述するモデルに対して、その「平方根」を取ることに相当する操作を行うことで、元のモデルのトポロジカルな性質を受けついだ新しいトポロジカル絶縁体を生成できることが明らかになった。この状態は平方根トポロジカル絶縁体と呼ばれ、注目が集まっている。本研究では、このアイデアを高次トポロジカル絶縁体に拡張し、「平方根高次トポロジカル絶縁体」の存在を提案した。具体的には、サイト修飾されたハニカム格子モデルにおいて平方根高次トポロジカル絶縁体が発現することを示し、その角状態の性質を明らかにした。また、同様の方法で平方根トポロジカル半金属の提案も行った。さらに Altland-Zirnbauer クラスの平方根

トポロジカル相や修飾ハニカム格子の修飾部の拡張による平方根高次トポロジカル絶縁体の多様性についても研究を行った。

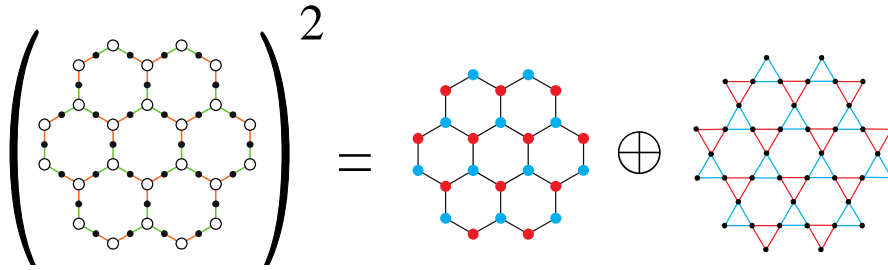


図 1: 平方根高次トポロジカル絶縁体の概念図 ([1]より引用)

ii) 高次トポロジカル相におけるクエンチダイナミクス [5]

近年,少数系のクエンチダイナミクスを用いて,境界状態の観測によらずトポロジカル相を特徴付ける方法の開発が進んでいる.本研究ではこの方法を相互作用のある高次トポロジカル絶縁体に適用するため, Mean chiral quadrupole moment という観測量の時間発展によってトポロジカル相と自明相を判別する方法を提案した. また, この観測量の振る舞いは断熱接続描像から理解できることも明らかにした.

iii) 1次トポロジカル相と2次トポロジカル相の競合とその特徴付け [6]

本研究では1次トポロジカル絶縁体と高次トポロジカル絶縁体がどのように競合するかを明らかにするため, ハルデー型複素ホッピングを取り入れたケクレハニカム模型の解析を行った. 具体的には1次トポロジカルを特徴づけるチャーン数と2次トポロジカル相を特徴づける量子化ベリー位相を計算した. その結果, 1次と2次トポロジカル相のパラメータ空間上での詳細な相図を得た. また, それぞれの相での境界状態の様子も明らかにした. 本研究はメルボルン大学との国際共同研究により行われた.

iv) 修飾ハニカム格子上的可解なKitaev型スピン模型[7]

平方根高次トポロジカル相の発見の舞台となった修飾ハニカム格子の構造をフラストレートスピン系と融合させることを目的として, 修飾ハニカム格子上的Kitaev型スピン模型を提案し, 解析を行った. その結果, その基底状態は古典スピン液体であり, かつ任意の温度で熱力学量やスピン相関関数が厳密に求まることを明らかにした. この性質はハニカム格子の辺上のスピンの保存量となり, 保存量を固定したセクターではハニカム格子の頂点上のスピンの作る有効磁場を感じるスピン模型となることに起因する. また本模型に特定の形の次近接相互作用を入れた拡張系も提案した. 本模型では, 拡張部分のハミルトニアンがカゴメ格子イジング模型に対応することから, 基底状態, 熱力学量, スピン相関関数がカゴメ格子イジング模型のものと対応関係にあることを明らかにした.

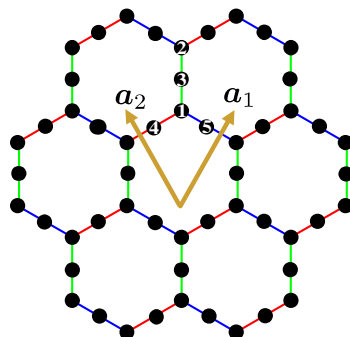


図 2: 修飾ハニカム格子上的Kitaev型スピン模型. 赤、青、緑のボンドはそれぞれ x ボンド, y ボンド, z ボンドを表す。

また当初計画になかった関連分野の成果として以下を得た.

v) 分数チャーン絶縁体における2粒子トポロジー[8]

分数量子ホール系の格子模型版である分数チャーン絶縁体は強相関トポロジカル相の代表例である. 近年, 分数チャーン絶縁体発現に適した模型の性質の探索が盛んに行われている. 先行研究ではバンド分散の平坦さやベリ-曲率や量子幾何テンソルの波数空間内での分布など1粒子バンドの性質に着目した指標の提案が数多くなされていた. これに対し本研究では, 分数量子ホール系におけるハルデーの擬ポテンシャルの議論とのアナロジーから2粒子系の重心運動量に対するバンドに着目し, そのトポロジカルな性質を議論した. ポースハバード模型に対する数値計算の結果, 2粒子バンドがトポロジカルに非自明となる場合に, 多体系での分数チャーン絶縁体が安定化するという示唆を得た.

引用文献 (下線は代表者)

[1] Tomonari Mizoguchi, Yoshihito Kuno, and Yasuhiro Hatsugai, “Square-root higher-order topological insulator on a decorated honeycomb lattice”, *Physical Review A* **102**, 033527 (2020); *Physical Review A* **104**, 029906 (2021).

[2] Tomonari Mizoguchi, Tsuneya Yoshida, and Yasuhiro Hatsugai, “Square-root topological semimetals”, *Physical Review B* **103**, 045136 (2021).

[3] Tsuneya Yoshida, Tomonari Mizoguchi, Yoshihito Kuno, and Yasuhiro Hatsugai, “Square-root topological phase with time-reversal and particle-hole symmetry”, *Physical Review B* **103**, 235130 (2021).

[4] Daiki Matsumoto, Tomonari Mizoguchi, and Yasuhiro Hatsugai, “Higher-Order Topological Insulator on a Martini Lattice and Its Square Root Descendant”, *Journal of the Physical Society of Japan* **92**, 034705 (2023).

[5] Tomonari Mizoguchi, Yoshihito Kuno, and Yasuhiro Hatsugai, “Detecting Bulk Topology of Quadrupolar Phase from Quench Dynamics”, *Physical Review Letters* **126**, 016802 (2021).

[6] Matthew Bunney, Tomonari Mizoguchi, Yasuhiro Hatsugai, and Stephan Rachel, “Competition of first-order and second-order topology on the honeycomb lattice”, *Physical Review B* **105**, 045113 (2022).

[7] Tomonari Mizoguchi, “Exactly Solvable Kitaev-Type Compass Model on a Decorated Honeycomb Lattice and Its Extension”, *Journal of the Physical Society of Japan* **91**, 124709 (2022).

[8] Nobuyuki Okuma and Tomonari Mizoguchi, “Relationship between two-particle topology and fractional Chern insulator”, *Physical Review Research* **5**, 013112 (2023).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Bunney Matthew, Mizoguchi Tomonari, Hatsugai Yasuhiro, Rachel Stephan	4. 巻 105
2. 論文標題 Competition of first-order and second-order topology on the honeycomb lattice	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 045113-1-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.045113	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 Mizoguchi Tomonari, Koma Tohru	4. 巻 103
2. 論文標題 Bulk-edge correspondence in two-dimensional topological semimetals: A transfer matrix study of antichiral edge modes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 195310-1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.195310	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 Yoshida Tsuneya, Mizoguchi Tomonari, Kuno Yoshihito, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 103
2. 論文標題 Square-root topological phase with time-reversal and particle-hole symmetry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 235130-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.235130	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 Mizoguchi Tomonari, Katsura Hosho, Maruyama Isao, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 104
2. 論文標題 Flat-band solutions in D-dimensional decorated diamond and pyrochlore lattices: Reduction to molecular problem	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 035155-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.035155	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 Mizoguchi Tomonari, Kuno Yoshihito, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 104
2. 論文標題 Flat band, spin-1 Dirac cone, and Hofstadter diagram in the fermionic square kagome model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 035161-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.035161	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 Yoshida Tsuneya, Mizoguchi Tomonari, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 104
2. 論文標題 Chiral edge modes in evolutionary game theory: A kagome network of rock-paper-scissors cycles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 025003-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.104.025003	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 Kuno Yoshihito, Mizoguchi Tomonari, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 104
2. 論文標題 Multiple quantum scar states and emergent slow thermalization in a flat-band system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 085130-1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.104.085130	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 Yoshida Tsuneya, Mizoguchi Tomonari, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 12
2. 論文標題 Non-Hermitian topology in rock-paper-scissors games	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 560-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-04178-8	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 Mizoguchi Tomonari, Kuno Yoshihito, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 2022
2. 論文標題 Construction of interacting flat-band models by molecular-orbital representation: Correlation functions, energy gap, and entanglement	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 023102-1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptac015	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 Kuroda Takumi, Mizoguchi Tomonari, Araki Hiromu, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 91
2. 論文標題 Machine Learning Study on the Flat-Band States Constructed by Molecular-Orbital Representation with Randomness	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 044703-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.044703	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 Mizoguchi Tomonari, Kuno Yoshihito, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 102
2. 論文標題 Square-root higher-order topological insulator on a decorated honeycomb lattice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review A	6. 最初と最後の頁 033527-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physreva.102.033527	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 Mizoguchi Tomonari, Kuno Yoshihito, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 126
2. 論文標題 Detecting Bulk Topology of Quadrupolar Phase from Quench Dynamics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 016802-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevlett.126.016802	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 Mizoguchi Tomonari, Yoshida Tsuneya, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 103
2. 論文標題 Square-root topological semimetals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 045136-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.103.045136	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 Kuno Yoshihito, Mizoguchi Tomonari, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 102
2. 論文標題 Interaction-induced doublons and embedded topological subspace in a complete flat-band system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review A	6. 最初と最後の頁 063325-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physreva.102.063325	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 Kuno Yoshihito, Mizoguchi Tomonari, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 102
2. 論文標題 Flat band quantum scar	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 241115-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.102.241115	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 Wakao Hiromasa, Yoshida Tsuneya, Mizoguchi Tomonari, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 89
2. 論文標題 Topological Modes Protected by Chiral and Two-Fold Rotational Symmetry in a Spring-Mass Model with a Lieb Lattice Structure	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 083702-1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.083702	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 Mizoguchi Tomonari、Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 89
2. 論文標題 Type-III Dirac Cones from Degenerate Directionally Flat Bands: Viewpoint from Molecular-Orbital Representation	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 103704-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.103704	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 Okuma Nobuyuki、Mizoguchi Tomonari	4. 巻 5
2. 論文標題 Relationship between two-particle topology and fractional Chern insulator	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 013112-1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.5.013112	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 Matsumoto Daiki、Mizoguchi Tomonari、Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 92
2. 論文標題 Higher-Order Topological Insulator on a Martini Lattice and Its Square Root Descendant	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 034705-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.92.034705	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 Mizoguchi Tomonari	4. 巻 91
2. 論文標題 Exactly Solvable Kitaev-Type Compass Model on a Decorated Honeycomb Lattice and Its Extension	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 124709-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.124709	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 Mizoguchi Tomonari, Hatsugai Yasuhiro	4. 巻 107
2. 論文標題 Molecular-orbital representation with random U(1) variables	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 094201-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.107.094201	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 Mizoguchi Tomonari, Gao Yanlin, Maruyama Mina, Hatsugai Yasuhiro, Okada Susumu	4. 巻 107
2. 論文標題 Unconventional gapless semiconductor in an extended martini lattice in covalent honeycomb materials	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L121301-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.107.L121301	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 Mizoguchi Tomonari, Matsuura Hiroyasu, Ogata Masao	4. 巻 105
2. 論文標題 Thermoelectric transport of type-I, II, and III massless Dirac fermions in a two-dimensional lattice model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205203-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.205203	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10件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 溝口知成、久野義人、初貝安弘
2. 発表標題 高次トポロジカル相におけるクエンチダイナミクス
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomonari Mizoguchi, Yoshihito Kuno, Tsuneya Yoshida, Yasuhiro Hatsugai
2. 発表標題 Square-root topological phases on decorated honeycomb lattice
3. 学会等名 EP2DS-24/MSS-20 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomonari Mizoguchi
2. 発表標題 Square-root topological phases in two and three dimensions
3. 学会等名 BE/BC2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 溝口知成、久野義人、初貝安弘
2. 発表標題 平方根トポロジカル絶縁体の高次トポロジカル絶縁体への拡張
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 溝口知成
2. 発表標題 高次トポロジカル絶縁体の物理
3. 学会等名 新学術領域「次世代物質探索のための離散幾何学」基礎講義 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 溝口知成
2. 発表標題 トポロジカル相における量子化ベリー位相
3. 学会等名 CREST 「物質のトポロジカル相の理論的探究」チュートリアルワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 溝口知成、初貝安弘
2. 発表標題 第III種ディラック粒子を有する格子模型の構成法
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 溝口知成、久野義人、吉田恒也、初貝安弘
2. 発表標題 Square-root higher-order topological insulators and topological semimetals
3. 学会等名 APS March Meeting 2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 溝口知成
2. 発表標題 Bulk-edge correspondence in semi-metals: Transfer matrix study of anti-chiral edge modes
3. 学会等名 Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts" 8th Informal Meeting（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 溝口知成
2. 発表標題 修飾ハニカム格子上の可解なキタエフ型スピン模型
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023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		
オーストラリア	University of Melbourne		