様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　３ 年　６ 月　７ 日現在

機関番号：１２１０２
研究種目：研究活動スタート支援
研究期間：2018～2020
課題番号：１８Ｈ０５８４２・１９Ｋ２１０３２

研究課題名（和文）強相関ダイナミクスが誘起する非エルミート・トポロジカル物性

研究課題名（英文）Non-Hermitian topological phenomena induced by strong correlations

研究代表者
吉田　恒也（Tsuneya, Yoshida）

筑波大学・数理物質系・助教

研究者番号：５０７３３０７８

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　2,300,000円

研究成果の概要（和文）：開放量子系や強相関電子系といった非エルミート系では、特異な現象が数多く報告されつつある。その一例として、エクセプショナルポイントという非エルミート系特有のバンド縮退が挙げられる。本研究では、対称性という観点からこのバンド縮退を議論し、対称性に保護されたエクセプショナルリングという新しいトポロジカルバンド縮退を見出した。さらに、トポロジカル秩序相に対する非エルミート性の効果も解析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
非エルミート系ではエクセプショナルポイントが発現する事は知られていたが、対称性の効果は未解明であった。本研究課題ではこの問題に取り組み、対称性に保護されたエクセプショナルリングという新しいトポロジカルバンド縮退を発見した。さらに、トポロジカル秩序相が非エルミート系でも発現する事を実証した。
これらの成果は非エルミート・トポロジカル系の基礎理論の整備に貢献するものであり学術的意義も高いと考えている。

研究成果の概要（英文）：For non-Hermitian systems (e.g., open quantum systems and photonic systems with loss), a variety of novel phenomena have been reported so far. On of the typical examples is an exceptional point where the real- and imaginary-parts of energy bands touch. We have analyzed this unique topological band touching point in terms of symmetry of systems. Our studies have discovered a novel topological band touching which we term a symmetry-protected exceptional ring. In addition, we have elucidated that a topological ordered phase can emerge even in non-Hermitian systems.

研究分野：物性理論、強相関電子系

キーワード：非エルミート系　トポロジカル絶縁体・超伝導体　強相関系

※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、Ｚ－１９（共通）

１．研究開始当初の背景

系が非エルミート行列で記述される非エルミート系では新たなトポロジカル物性が数多く報告されつつある。これまで、非エルミート・トポロジカル現象の解析は開放量子系や散逸のある光学系等、非平衡系を舞台としてその研究が進められてきた。

一方で、強相関系における準粒子は有限の寿命を持っており、非エルミート行列であるグリーン関数によって記述される。このため、強相関系は新たな非エルミート・トポロジカル現象の研究の舞台となる可能性がある。

また、通常のエルミート系では波動関数のトポロジーと強相関効果が絡み合い、強相関系特有のトポロジカル相が見られることが報告されているが、非エルミート系における強相関トポロジカル状態はほとんど解析されていない。

２．研究の目的

本研究では、強相関系を非エルミート・トポロジーというこれまでとは異なった観点から解析する。特に以下の二つの問題に取り組む。

1)　エクセプショナルポイントに対する対称性の効果

エクセプショナルポイントは非エルミート系特有のトポロジカルバンド縮退であるが、対称性の効果は未解決であった。一方で、強相関電子系の中には時間反転対称性や空間反転対称性といった様々な対称性を有する系も存在する。本研究では強相関系を主として、非エルミート・トポロジーと対称性が絡み合った新しい現象を探索する。

2)　トポロジカル秩序相における非エルミート効果

通常のエルミート系では強相関効果によって、バンド理論では記述されない特有のトポロジカル相が発現する事が知られている。近年、非エルミート系におけるトポロジカルバンド理論は急速に進展してきたが、強相関トポロジカル相に関する研究は、ほぼ行われていない。本研究課題では、トポロジカル秩序相に注目し非エルミート系の解析を行う。

３．研究の方法

1)　エクセプショナルポイントに対する対称性の効果

エクセプショナルポイントはバルクのバンド縮退と見なせる。このため、エクセプショナルポイントを記述するハミルトニアンは 2x2 の行列に簡単化できる。本研究では、2x2 のハミルトニアンをブロッホベクトルで記述しなおすことでエクセプショナルポイントに対する対称性の効果を幾何学的な観点から解析する。また、強相関系の解析には動的平均場理論を活用する。

2)　トポロジカル秩序相における非エルミート効果

トポロジカル秩序相の解析には空間的な量子揺らぎを取り入れる必要がある。本研究では、2 次元の非エルミート・ハミルトニアンを数値的に対角化することでトポロジカル秩序相に対する非エルミート効果を解析する。

４．研究成果

1-a) 強相関電子系におけるエクセプショナルポイントと対称性

平衡系のエクセプショナルポイントを記述するグリーン関数には、多体ハミルトニアンの対称性が反映される。本研究ではカイラル対称性を有する強相関 2 軌道の模型を、動的平均場理論に数値繰り込み群を組み合わせ、解析を行った。解析の結果、2 次元のカイラル対称な強相関系では対称性に保護されたエクセプショナルリング(図 1)や、3 次元におけるエクセプショナルサーフェスという新しいバンド構造を発見した。

さらに、平衡強相関系をターゲットに PT 対称性(時間反転と空間反転の積に対する対称性)と CP 対称性(particle-hole 変換と空間反転の積に対する対称性)も考慮し、各次元でどの場合にエクセプショナルポイントが出るか、分類を行った。

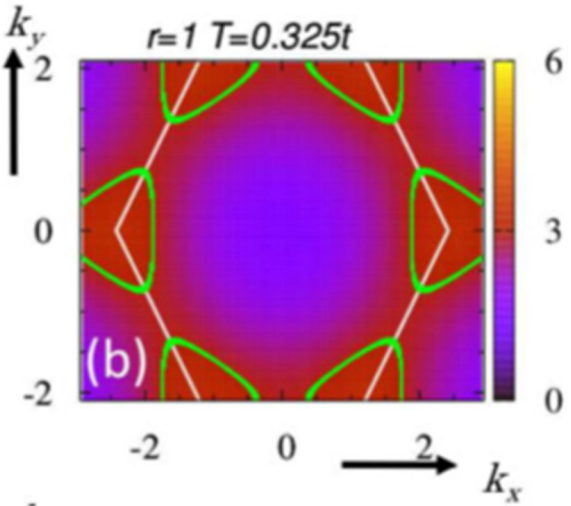

図1：強相関2次元系のスペクトラルウエイト。緑がカイラル対称性に護られたエクセプショナルリングを表す。

1-b) 力学系における対称性に保護されたエクセプショナルリング

バネと質点構成された連成振動系に代表されるメカニカルメタマテリアルでは、エルミートな量子系のトポロジカルバンド構造を再現する事が知られている。例えば、ハニカム格子状のバネ質点模型はグラフェンと同じトポロジカル現象を示す。

本研究では、摩擦のある 2 次元のバネ-質点模型を非エルミート・トポロジーという観点から解析し、エクセプショナルリングの発現を明らかにした(図 2)。この成果は、1-a)で発見したエクセプショナルリングが量子系に限らず広くみられることを意味する。

また、古典系と量子系で本質的に異なる点として、ニュートン方程式は時間の 2 階微分で記述される一方シュレディンガー方程式は 1 階微分である事が挙げられるが、この違いを非エルミート・トポロジーの観点から考察し、古典系では系のポテンシャル力の詳細に依存しない創発的対称性がエクセプショナルリングを保護している事も明らかにした。

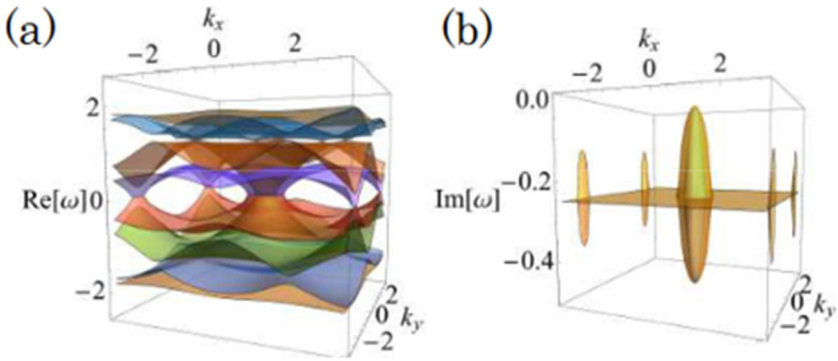

図2:摩擦のあるメカニカルグラフェンにおける非エルミートバンド構造。エクセプショナルリングの発現により、実部(a)、虚部(b)ともにリング状のバンドタッチを示す。

2) <u>トポロジカル秩序相における非エルミート効果</u>

強相関トポロジカル系に特有の量子凝縮相としてトポロジカル秩序相が挙げられる。非エルミート・トポロジーの研究は近年急速に進展したものの、トポロジカル秩序相に関する非エルミート効果はほとんど研究されていなかった。

本研究では、トポロジカル秩序相の代表例である分数量子ホール状態に焦点を当て非エルミート効果の解析を行った(図 3)。具体的には U(1)ゲージ場下の二体ロスのある開放量子系に対して模型を構築し、擬ポテンシャル法と数値対角化を組み合わせて解析を行った。解析の結果、1/3 ラフリン状態が非エルミート系でも発現する事を明らかにした。これは、トポロジカル秩序状態が非エルミート系でも発現する事を意味する。

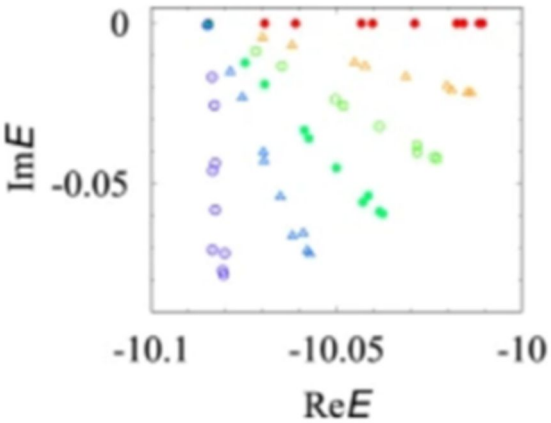

図3:非エルミート分数量子ホール系のエネルギースペクトル。赤~青の色は相互作用の値を示す。

3) <u>結晶対称性に保護されたスキンエフェクト</u>

上述の研究を遂行している間、対称性の無い一次元系で見られるスキンエフェクトは非自明な非エルミート・トポロジーによって誘起されている事が明らかになった。本研究ではその結果を受け、結晶対称性のある非エルミート系をスキンエフェクトに注目し解析を行った。

その結果、鏡映操作に対し不変な系に対しスキンエフェクトを起こすミラースキンエフェクトという新しい現象を見出した。

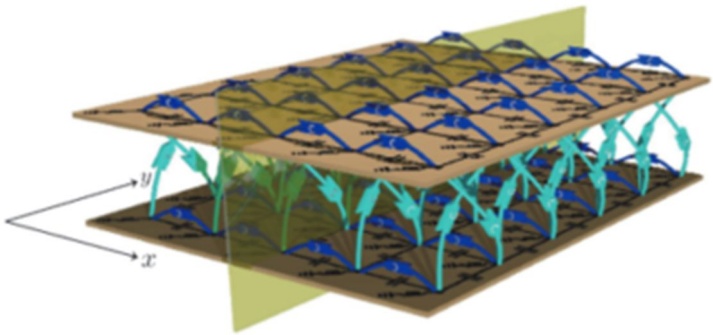

図4:ミラースキンエフェクトを示す電気回路の模式図。黄色い面が鏡映面になっている。

さらに、電気回路においてミラースキンエフェクトの観測方法も提案した(図 4)。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計30件（うち査読付論文　28件／うち国際共著　3件／うちオープンアクセス　6件）

１．著者名 Kazuhiro Kimura Tsuneya Yoshida and Norio Kawakami	４．巻 30
２．論文標題 Reflection-Symmetry Protected Antiferromagnetic Topological Insulator in Three-Dimensional Heavy-Fermion Systems	５．発行年 2020年
３．雑誌名 JPS Conf. Proc	６．最初と最後の頁 011012 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSCP.30.011012	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 Yoshihiro Michishita Tsuneya Yoshida and Robert Peters	４．巻 101
２．論文標題 Relationship between exceptional points and the Kondo effect in f-electron materials	５．発行年 2020年
３．雑誌名 Phys. Rev. B	６．最初と最後の頁 085122 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.101.085122	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 Hiromasa Wakao Tsuneya Yoshida Hiromu Araki Tomonari Mizoguchi Yasuhiro Hatsugai	４．巻 101
２．論文標題 Higher-order topological phases in a spring-mass model on a breathing kagome lattice	５．発行年 2020年
３．雑誌名 Phys. Rev. B	６．最初と最後の頁 094107 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.101.094107	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 Tsuneya Yoshida, Tomonari Mizoguchi, and Yasuhiro Hatsugai	４．巻 2
２．論文標題 Mirror skin effect and its electric circuit simulation	５．発行年 2020年
３．雑誌名 Phys. Rev. Research	６．最初と最後の頁 022062 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevResearch.2.022062	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 Tsuneya Yoshida Koji Kudo Hosho Katsura and Yasuhiro Hatsugai	4．巻 2
2．論文標題 Fate of fractional quantum Hall states in open quantum systems: Characterization of correlated topological states for the full Liouvillian	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Phys. Rev. Research	6．最初と最後の頁 033428 1-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevResearch.2.033428	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 Elisabet Edvardsson, Flore K. Kunst, Tsuneya Yoshida, and Emil J. Bergholtz	4．巻 2
2．論文標題 Phase transitions and generalized biorthogonal polarization in non-Hermitian systems	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Phys. Rev. Research	6．最初と最後の頁 043046 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevResearch.2.043046	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 Tsuneya Yoshida Robert Peters Norio Kawakami Yasuhiro Hatsugai	4．巻 2020
2．論文標題 Exceptional band touching for strongly correlated systems in equilibrium	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6．最初と最後の頁 12A109 1-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/ptep/ptaa059	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 Tao Liu James Jun He Tsuneya Yoshida Ze-Liang Xiang and Franco Nori	4．巻 102
2．論文標題 Non-Hermitian topological Mott insulators in one-dimensional fermionic superlattices	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Phys. Rev. B	6．最初と最後の頁 235151 1-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.102.235151	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 Tsuneya Yoshida and Yasuhiro Hatsugai	4．巻 11
2．論文標題 Bulk-edge correspondence of classical diffusion phenomena	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Scientific Reports	6．最初と最後の頁 888 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-80180-w	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 Roman Rausch, Robert Peters and Tsuneya Yoshida	4．巻 23
2．論文標題 Exceptional points in the one-dimensional Hubbard model	5．発行年 2021年
3．雑誌名 New J. Phys.	6．最初と最後の頁 013011 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1367-2630/abd35e	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 Tomonari Mizoguchi Tsuneya Yoshida and Yasuhiro Hatsugai	4．巻 103
2．論文標題 Square-root topological semimetals	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Phys. Rev. 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 Tsuneya Yoshida	4．巻 103
2．論文標題 Real-space dynamical mean field theory study of non-Hermitian skin effect for correlated systems: Analysis based on pseudospectrum	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Phys. Rev. B	6．最初と最後の頁 125145 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.103.125145	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 Hiromu Araki Tsuneya Yoshida and Yasuhiro Hatsugai	4．巻 90
2．論文標題 Machine Learning of Mirror Skin Effects in the Presence of Disorder	5．発行年 2021年
3．雑誌名 J. Phys. Soc. Jpn.	6．最初と最後の頁 053703 1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSJ.90.053703	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 Pierre Delplace Tsuneya Yoshida Yasuhiro Hatsugai	4．巻 2103.08232
2．論文標題 Symmetry-protected higher-order exceptional points and their topological characterization	5．発行年 2021年
3．雑誌名 arXiv	6．最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1．著者名 Tsuneya Yoshida Tomonari Mizoguchi Yoshihito Kuno and Yasuhiro Hatsugai	4．巻 2103.11305
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 arXiv	6．最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

1．著者名 Hiromasa Wakao, Tsuneya Yoshida, Hiromu Araki, Tomonari Mizoguchi, and Yasuhiro Hatsugai	4．巻 101
2．論文標題 Higher-order topological phases in a spring-mass model on a breathing kagome lattice	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Phys. Rev. B	6．最初と最後の頁 094107(1-9)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.101.094107	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 Yoshihiro Michishita, Tsuneya Yoshida, Robert Peters	4．巻 101
2．論文標題 Relation between exceptional points and the Kondo effect in f-electron materials	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Phys. Rev. B	6．最初と最後の頁 085122(1-9)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.101.085122	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 Tsuneya Yoshida, Koji Kudo, and Yasuhiro Hatsugai	4．巻 9
2．論文標題 Non-Hermitian fractional quantum Hall states	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Scientific Reports	6．最初と最後の頁 16895(1-8)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-019-53253-8	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 Koji Kudo, Tsuneya Yoshida, and Yasuhiro Hatsugai	4．巻 123
2．論文標題 Higher-order topological Mott insulators	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6．最初と最後の頁 196402(1-6)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevLett.123.196402	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 Kazuhiro Kimura, Tsuneya Yoshida, Norio Kawakami	4．巻 100
2．論文標題 Chiral-symmetry protected exceptional torus in correlated nodal-line semi-metal	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Phys. Rev. B	6．最初と最後の頁 115124(1-10)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.100.115124	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 Tsuneya Yoshida and Yasuhiro Hatsugai	4．巻 100
2．論文標題 Exceptional rings protected by emergent symmetry for mechanical systems	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Phys. Rev. B	6．最初と最後の頁 054109(1-16)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.100.054109	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 Robert Peters, Tsuneya Yoshida, and Norio Kawakami	4．巻 100
2．論文標題 Quantum oscillations in strongly correlated topological Kondo insulators	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Phys. Rev. B	6．最初と最後の頁 085124(1-11)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.100.085124	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 Akito Daido, Tsuneya Yoshida, Youichi Yanase	4．巻 122
2．論文標題 Z4 Topological Superconductor UCoGe	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6．最初と最後の頁 0227001(1-7)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevLett.122.227001	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 Tsuneya Yoshida, Akito Daido, Norio Kawakami, and Youichi Yanase	4．巻 99
2．論文標題 Efficient method to compute Z4-indices with glide symmetry and applications to M\"obius materials, CeNiSn and UCoGe	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Phys. Rev. B	6．最初と最後の頁 235105(1-18)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.99.235105	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 Tsuneya Yoshida, Ippei Danshita, Robert Peters, and Norio Kawakami	4．巻 121
2．論文標題 Reduction of TopologicalZClassification in Cold-Atom Systems	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Physical Review Letters	6．最初と最後の頁 '084705(1-6)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevLett.121.025301	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 Kazuhiro Kimura, Tsuneya Yoshida, and Norio Kawakami	4．巻 87
2．論文標題 Topological Properties of Magnetically Ordered Heavy-Fermion Systems in the Presence of Mirror Symmetry	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6．最初と最後の頁 084705(1-9)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSJ.87.084705	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 Tsuneya Yoshida, Robert Peters, and Norio Kawakami	4．巻 98
2．論文標題 Non-Hermitian perspective of the band structure in heavy-fermion systems	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Physical Review B	6．最初と最後の頁 035141(1-7)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.98.035141	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 Robert Peters, Tsuneya Yoshida, and Norio Kawakami	4．巻 98
2．論文標題 Magnetic states in a three-dimensional topological Kondo insulator	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Physical Review B	6．最初と最後の頁 075104(1-9)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.98.075104	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 Masaya Nakagawa, Tsuneya Yoshida, Robert Peters, and Norio Kawakami	4．巻 98
2．論文標題 Breakdown of topological Thouless pumping in the strongly interacting regime	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Physical Review B	6．最初と最後の頁 115147(1-9)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.98.115147	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 Tsuneya Yoshida, Robert Peters, Norio Kawakami, and Yasuhiro Hatsugai	4．巻 99
2．論文標題 Symmetry-protected exceptional rings in two-dimensional correlated systems with chiral symmetry	5．発行年 2018年
3．雑誌名 Physical Review B	6．最初と最後の頁 121101(1-5)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.99.121101	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　14件／うち国際学会　15件）

1．発表者名 Tsuneya Yoshida
2．発表標題 Chiral edge modes of coupled rock-paper-scissors cycles
3．学会等名 2021 Informal meeting : Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts2021（招待講演）
4．発表年 2021年

1．発表者名 Tsuneya Yoshida
2．発表標題 Non-Hermitian fractional quantum Hall states in open quantum systems
3．学会等名 APS march meeting 2021（国際学会）
4．発表年 2021年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 拡散現象におけるバルク-エッジ対応
３．学会等名 日本物理学会 第76回年次大会(2021年)
４．発表年 2021年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 Topological band structure of classical diffusion phenomena
３．学会等名 新学術基礎講義(次世代物質探索のための離散幾何学)（招待講演）
４．発表年 2021年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Topological band structure of classical diffusion phenomena
３．学会等名 2020 Informal meeting : Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts（招待講演）
４．発表年 2020年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 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 日本物理学会 2020年秋季大会
４．発表年 2020年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 複素値相互作用における非エルミート分数量子ホール状態
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 吉田恒也
２．発表標題 非エルミート系における分数量子ホール状態
３．学会等名 KEKオンライン研究会「熱場の量子論とその応用」
４．発表年 2020年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 非エルミート系における分数量子ホール状態
３．学会等名 日本物理学会 第75回年次大会(2020年)
４．発表年 2020年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Non-Hermitian fractional quantum Hall states with 1/3 filling
３．学会等名 APS march meeting 2020
４．発表年 2020年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Fractional Quantum Hall State in a Non-Hermitian System
３．学会等名 Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2020年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 非エルミート系のトポロジカルバンド縮退と分数量子ホール状態
３．学会等名 第9回「凝縮系理論の最前線」研究会（招待講演）
４．発表年 2020年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 対称性に保護されたエクセプショナルリング・エクセプショナルサーフェス
３．学会等名 北海道大学　量子機能工学研究室　セミナー(共催：応用物理学会北海道支部)（招待講演）
４．発表年 2020年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 非エルミート系における分数量子ホール状態
３．学会等名 日本物理学会秋季大会
４．発表年 2020年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Fractional Quantum Hall State in a Non-Hermitian System
３．学会等名 Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2020年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 非エルミート系のトポロジカルバンド縮退と分数量子ホール状態
３．学会等名 :第9回「凝縮系理論の最前線」研究会（招待講演）
４．発表年 2020年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Symmetry-protected exceptional rings and surfaces
３．学会等名 Workshop Series on Non-Hermitian Quantum Mechanics（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Non-Hermitian topological phenomena for strongly correlated systems
３．学会等名 Trends in Theory of Correlated Materials TTCM2019（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Non-Hermitian topological properties for correlated systems
３．学会等名 Topological Quantum Matter: From Fantasy to Reality（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Symmetry-Protected Exceptional Rings in Two Dimensions
３．学会等名 International Conference on strongly correlated electron systems 2019（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 メカニカル系における対称性に保護されたエクセプショナルリング
３．学会等名 日本物理学会秋季大会
４．発表年 2019年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Symmetry-protected non-Hermitian degeneracies in quantum and classical systems
３．学会等名 東北大学片平キャンパス（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Symmetry-protected exceptional rings for strongly correlated fermions
３．学会等名 NTTI2019 and BEC2019（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Non-Hermitian perspective of strongly correlated systems
３．学会等名 Frontiers of Correlated Electron Sciences (FCES2019)（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Symmetry-protected exceptional rings for correlated two-dimensional systems
３．学会等名 CEMS Symposium on Emergent Quantum Materials（国際学会）
４．発表年 2019年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 Topological properties of ultracold dipolar fermions in a one-dimensional optical lattice
３．学会等名 BEC 2018研究会
４．発表年 2018年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Testbeds of topological classification for correlated systems
３．学会等名 Symmetry and Topology in Condensed-Matter Physics（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida, Ippei Danshita, Robert Peters, and Norio Kawakami
２．発表標題 Ultracolddipolar fermions as an experimental platform for the reduction of topological classification ~Testbedsof topological classification for correlated systems~
３．学会等名 International Conference on Magnetism 2018（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 吉田恒也、ピータースロバート、川上則雄
２．発表標題 強相関ディラック電子系における 非エルミート物性
３．学会等名 日本物理学会秋季大会2018
４．発表年 2018年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida, Robert Peters, Norio Kawakami, Yasuhiro Hatsugai
２．発表標題 Non-Hermitian perspective on strongly correlated Dirac electrons
３．学会等名 Trends in Theory of Correlated Materials 2018（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 強相関揺らぎが誘起する非エルミート物性
３．学会等名 非平衡・非エルミート系の新奇量子現象（招待講演）
４．発表年 2018年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida
２．発表標題 Symmetry-protected exceptional rings in two-dimensional correlated systems
３．学会等名 BEC2018X（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2018年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 準粒子ダンピングに起因する例外点の研究
３．学会等名 第八回「強相関電子系理論の最前線」（招待講演）
４．発表年 2018年

１．発表者名 Tsuneya Yoshida, Robert Peters, Norio Kawakami, and Yasuhiro Hatsugai
２．発表標題 Symmetry-protected exceptional rings in two-dimensional correlated systems
３．学会等名 APS march meeting 2019
４．発表年 2019年

１．発表者名 吉田恒也
２．発表標題 強相関効果が誘起する非エルミートトポロジカル物性（シンポジウム:非エルミート量子力学の新展開）
３．学会等名 日本物理学会年次大会2019
４．発表年 2019年

１．発表者名 吉田恒也、大同暁人、川上則雄、柳瀬陽一
２．発表標題 格子ブリルアンゾーンにおけるメビウストポロジカル相の特徴付け～Fukui-Hatsugai-Suzuki 公式の拡張～
３．学会等名 日本物理学会年次大会2019
４．発表年 2019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			
スウェーデン	ストックホルム大学			
フランス	リヨン高等師範学校(CNRS)			