

令和 4 年 6 月 25 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06461

研究課題名（和文）指数定理の展開とトポロジカル表面状態

研究課題名（英文）Index theorem and Topological surface state

研究代表者

古田 幹雄（Furuta, Mikio）

東京大学・大学院数理科学研究科・教授

研究者番号：50181459

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 40,100,000円

研究成果の概要（和文）：Atiyah-Singerの指数定理は閉多様体上の線形楕円型偏微分方程式の指数をトポロジカルに与える公式である。本研究の主結果は次の3つである：（1）多様体に境界のある場合のAtiyah-Patodi-Singerの指数定理の新しい定式化の証明（2）多様体を離散近似した格子上のWilson-Dirac方程式におけるWilson項が数学的に果たす役割の発見とそれに基づく格子指数定理への新しいアプローチ（3）指数定理を支えるBott周期性について、スペクトル切断を用いた新しい証明

研究成果の学術的意義や社会的意義

純粋数学と物性物理の研究の新たな橋渡しを数学者と物理学者たちとの共同研究で与えた。

（1）4次元的现象が、4次元時空が平坦ではなく境界を持つ場合に物理的な考察と計算に基づいて与えられていた。当研究では4次元の対象を5次元空間に埋め込み、4次元の物理を5次元の幾何学から俯瞰することにより数学的な解明を与えた。

（2）相対論的量子力学のDirac方程式に対しては、格子近似は特有の項（Wilson項）を導入して行われていた。今回の研究ではWilson項が数学的に果たす役割を明らかにし、この20年進展のなかったパラメータ付のDirac方程式に対しても近似可能であると示した。

研究成果の概要（英文）：Atiyah-Singer index theorem is a formula giving the index of linear elliptic PDE on a closed manifold topologically. Our main results are (1) a proof of a new formulataion of Atiyah-Patodi-Singer index theorem for manifold with boundary, (2) a new approach to lattice index theorem based on the role of the Wilson we found for the Wilson-Dirac equation on lattices, and (3) a new proof of Bott periodicity theorem based on spectral section.

研究分野：幾何学

キーワード：指数定理

## 1. 研究開始当初の背景

Atiyah-Singer の指数定理は閉多様体上の線形偏微分方程式の解空間の次元から決まる「指数」を、ある条件の下でトポロジカルに与える公式である。「指数」とは無次元の系を有限次元の系で近似的にモデル化を経由してロバストな情報を抽出する概念である。このように一般化するとき、数学ではこの有限次元近似の方法が有効に使われ、分野を切り開く鍵となる局面が複数存在する。そのうち、次の二つの関係は未開拓であった。第一に、低次元トポロジーにおいて数学におけるゲージ理論において、研究代表者はこの視点で研究を行ってきた。そこでは「運動量空間」における有限次元近似が用いられてきた。第二に、「実空間」における有限次元近似は「離散幾何」として展開しつつあり、微分方程式についても Laplace 方程式は有限要素法による扱いの蓄積は歴史的に厚い。しかし一方、Dirac 方程式の格子近似は未開拓であった。物性物理では、トポロジカル物質の分類、諸相の研究が蓄積され、K 理論との関係、一般コホモロジーとの関係が明確になりつつあった。また Dirac 方程式は正方格子の上で格子ゲージ理論の中で扱われていた。

## 2. 研究の目的

本研究の第一の目的は、ある設定の下で、指数定理を (A) 非線形偏微分作用素に対して、また (B) 閉ではない多様体、に対して拡張し、ある種の非線形偏微分作用素に対して解の散乱に相当する現象をトポロジカルに把握することである。

ここで (A) としては 3, 4 多様体上のゲージ理論の方程式、(B) としては端のモデルが閉多様体の被覆空間である開多様体が対象である。第一の目的の達成度は、3, 4 次元多様体のトポロジーにおいて新奇な現象をどの程度捉えられるかによって測られる。

一方、近年物性物理におけるトポロジカル相の研究において、相互作用のない場合にはトポロジカル相の特徴づけのために「指数」の概念の一般化が有効であることが広く認識されている。本研究の第二の目的は、第一の目的の成果の適用範囲を物性物理が対象とする状況にまで裾野を延長し、低次元トポロジーの知見とのリンクを開拓することである。

## 3. 研究の方法

プロジェクトのいずれかの期間に参画したメンバーは以下の通りである。(カッコ内の記号は口述の研究成果における主要な研究者である。\*) はここでは明示的に言及していないが文献として挙げられていえる成果である。

研究代表者：古田幹雄 統括 (1) (2) (3) (4)

研究分担者：

加藤毅 ゲージ理論 (5)

五味清紀 K 理論 (6) (\*)

研究協力者：

緒方芳子 スピン系・相互作用 (\*)

松尾信一郎 ゲージ理論 指数定理 (1) (2)

佐藤浩司 物性理論 (7) (\*)

林晋 バルクエッジ対応 高次トポロジカル相 (7)

窪田陽介 作用素環論・幾何学 (2) (8) (\*)

今野北斗 ゲージ理論 (9)

チャンジュン リー シンプレクティック幾何・ゲージ理論 (\*)

浅野知紘 シンプレクティック幾何 (\*)

谷口正樹 ゲージ理論 (9)

山下真由子 指数定理・幾何学 (1) (2) (\*)

下記の集会を開催した。

・月に一回程度、関西ゲージ理論セミナー (京都大学/ オンライン) が加藤毅、中村信裕によってオーガナイズされた。

・2017 年度の終わりには本プロジェクトのキックオフ集会として、本年度末の 2 月にゲージ理論をトピックとする国際集会およびトポロジカル相の数学的研究に関する複数のワークショップを開催した：2018 年 2 月 国際集会 Gauge theory in Fukuoka (主催者：加藤毅 中村信裕 笹平裕史 古田幹雄)

注：後継の集会を 2020 年中国で開催予定であったが中止。2021 年に延期予定も結局中止

・2018 年 8 月 Progress in the mathematics of topological states of matter

organized by :Chris Bourne Mikio Furuta Shin Hayashi Motoko Kotani Max Lein  
注：公募班の深谷英則氏の講演があり、物理学者と数学者のグループによる共同研究へと発展する契機となった。

・2019年8月 Progress in the mathematics of topological states of matter  
organized by :Chris Bourne Mikio Furuta Shin Hayashi Motoko Kotani Max Lein

各年度において前年度までの進展に基づき、プロジェクトは以下のように更新しつつ行う方法をとった。

#### ・2017年度

加藤は笹平裕史 Hang Wang との共同研究によって、被覆上のゲージ理論における不変量を構成した。古田は Tian-Jun Li との共同研究において、TQFT として Seiberg-Witten 理論を定式化する際に、reducible の情報を取り出すための局所化のメカニズムを定式化した。五味は、Thiang, 塩崎謙との共同研究をすすめ、群作用のある場合のトポロジカル相を補足する K 理論を構成し計算を行った。

#### ・2018年度

主要な結果は、(B) の課題の方向についての線形微分方程式に対する研究として、偶数次元の境界をもつ多様体に関する Atiyah-Patodi-Singer 指数を表すドメインウォールとエータ不変量を用いた公式の、数学的な証明を与えた。この公式自体は、2017年に、物理学者の深谷英則、大野木哲也、山口哲により、藤川の方法により、多様体が4次元かつ平坦である場合に物理的議論によって得られていた。その公式を示す数学的に厳密な議論を、より一般化された状況に對して与えることができた。この数学的証明のためのアイディアは、幾何学的設定として、所与の偶数次元多様体の境界を一次元高い奇数次元多様体の中で、シリンドラ状の端に伸ばした開多様体を、角付きのドメインウォールとして実現することである。(古田および協力研究員松尾信一郎と、山下真由子の両氏、そして物理学者の3名の共同研究による。)この新しい方法の利点は、mod 2 指数に対しても議論の主要部分がそのまま適用可能な点である。

#### 2019年

・主要な成果は格子ゲージ理論における Wilson-Dirac 作用素の指数と連続理論における Dirac 作用素の指数を結び付けたことである。ただし、現在のところ、考える多様体は、トーラスであり、考える格子は、正方格子に限られる。議論のキーとなるのは、Wilson-Dirac 作用素に対して、楕円型作用素のア・プリオリ評価に相当する格子上の評価が成立することである。物理学者 Neuberger による「作用素の局所性」を導く計算を、数学的にはそのように読み代えることができる。

・物理学者の深谷英則・大野木哲也・山口哲の3氏および数学者の松尾信一郎・山下真由子の2氏との共同研究により、任意の多様体を格子ゲージ理論によって扱う枠組みが提案された。基本的なアイディアは、任意の多様体を高次元のトーラスに埋め込むことである。連続理論においては埋め込まれた多様体の近傍への指数は局所化する。格子理論において対応する局所化の定式化が次のステップと想定されるが、そこに生じる問題は考察途中である。

#### 2020年

・主要な成果として、K 理論において基本的な Bott 周期性の、スペクトル切断による新しい別証明を与えた。数年前に、物性物理のバルクエッジ対応の考察にヒントを得て Bott 周期性のいわば“量子力学的証明”を得ていた。今回は、その証明から無限次元的考察を排除し、完全に有限次元の線形代数の範疇で証明を与えた。 $S^1$  上の微分作用素に対して、スペクトル切断の明示的な構成を行い、有限次元近似構成の基本的な手段として用いる。この構成は、複素 K 群の周期性のみならず、実の  $KO$  群、あるいは KR 理論の非自明な懸垂についての周期性に直接拡張可能である。

・上のスペクトル切断の構成の動機は上記 (A) での有限次元近似への応用である。しかしこれについては今年度は明確な進展はなかった。

・物理学者の深谷英則・大野木哲也・山口哲の3氏および数学者の松尾信一郎・山下真由子の2氏との共同研究を進め、Atiyah-Patodi-Singer 境界条件における mod2 指数のドメインウォールを用いた具体的な記述を与えた。

#### 2021年

プロジェクトの最終年の今年度は、これまで得た指数定理関係の成果の中で、不十分であった2点の課題について新たに取り組んだ。いずれも物理学者の深谷英則・大野木哲也・山口哲の3氏および数学者の松尾信一郎・山下真由子の2氏との共同研究による成果に関するものである。

・2018年度に我々は Atiyah-Patodi-Singer の指数定理のドメインウォールを用いた記述に数

学的証明を与えたが、その際本質的であったのは開多様体に対する指数の局所化の命題が、ある強い仮定の下で成立することであった。この種の局所化は K 理論の切除定理に対応する基本的な性質であるため、その強い不自然な仮定の除去が望まれた。今年度はこれに成功した。議論の鍵は、従来の Witten 変形  $D + t h$  を拡張し、 $D + f_t h$  の形の変形を適切な  $f_t$  に対して行うと、 $t$  の増大に伴って作用素の極限が存在することである。

・2019 年度に我々は任意の多様体を格子ゲージ理論的に扱う枠組みを提案した。その構成では、与えられた多様体を高次元トーラスに埋め込み、高次元トーラスの正方格子上の適切な係数付きの Wilson-Dirac 方程式が、格子近似の方程式として得られる。準結晶のアナロジーでは、その格子をさらに簡約した埋め込み像の近傍にある格子のみの有効的な記述が望ましく、その達成は、任意の多様体のある種の格子近似の上で Wilson-Dirac 的方程式が構成となる。単なる定義域の制限では境界からの寄与が無視できず困難であったが、上記の方法を援用して困難を解消するアプローチを見出した。ただし、最終的な方程式の明示的な書き下しにまでは至っておらず、これが残された問題である。

#### 4. 研究成果

全期間を通してみると、物性物理におけるトポロジカル相を取り巻く諸相と、幾何学における微分方程式の局所化・有限次元近似・離散化とを繋ぐ主要な成果として、次の 4 点が達成された。

(1) 大きな次元の多様体の中で小さな次元に解が局所化する現象を道具として活用する手法の開拓：トポロジカル相を特徴づける表面状態は、ドメインウォールへの局所化と密接に関係する。本研究ではこの現象を数学的に利用し、Atiyah-Patodi-Singer の境界条件を、次元の高いシリンダーの考察に帰着できることを見出した。その応用として Atiyah-Patodi-Singer の指数定理についてのエータ不変量を用いた物理的な定式化の、数学的な証明と一般化を与えた。

(2) 格子を用いた有限次元近似の可能性の開拓：格子ゲージ理論において Wilson 項は、ダブラーを除去する役割を果たしている。本研究ではこの現象の数学的な意義が、アприオリ評価の格子版を可能ならしめる点にあることを見出した。その応用として、トーラスの十分良い正方格子近似に対して、格子上の Wilson-Dirac 方程式の指数が、連続版の Dirac 方程式の指数と一致することを一般的に証明した。従来の証明では mod 2 版や族版などの一般化においては示されていなかった。

(3) エネルギーギャップをシステムティックに開ける方法の開拓：物性物理で現れる「ギャップをシステムティックに開ける・閉じる」操作は、系の考察において基本的な役割を果たす。本研究ではこの現象の数学的なヴァージョンとして「スペクトル切断」を考察し、ある場合にシステムティックにスペクトル切断を構成する方法を見出した。その応用として K 理論と Clifford 代数との関連についての Atiyah-Bott-Shapiro の問へのひとつの答を与え、それによって Bott 周期性の新しい証明を与えた。

(4) 任意の多様体上で（電磁状態込みの）離散近似：上記(2)を一般の多様体に拡張するプロジェクトを開始した。4 ステップが想定される中で、2 ステップまでが遂行されている。多様体をトーラス上に埋め込み、その近傍に「電子状態込み」で方程式をカットする方法を開拓した。ステップ 1 として 2010 年に古田が藤田玄・吉田尚彦との共同研究によって得た Borh-Sommerfeld 軌道による準古典近似の応用として、 $2n$  次元のトーラス上を利用して  $n$  次元の広がりをもつ格子を有効的に記述される。2021 年度の成果はステップ 2 として多様体をトーラス上に埋め込んだとき、その近傍に「電子状態込み」で方程式をカットする方法を開拓したことである。両者の併用により、任意の多様体の離散近似を原理的には実現される。ただし、離散近似の明示的記述（ステップ 3）および上記(2)に対応する任意の多様体の離散近似に対する格子指数定理（ステップ 4）は未完である。

上記の一連の研究成果の進展は、数学者と物理学者の協力体制の確立とともになされた。研究代表者を中心とする研究協力者の数学者グループ（古田、松尾、山下）と、公募研究班の物理学者グループ（深谷英則、大野木哲也、山口哲）が、数学（幾何学を中心とする）と物理（物性理論を中心とする）を討議した。これにより、強力して特定のプロジェクトの遂行を行うことに加えて、背景にある動機そのものを分野横断的に互いに開拓しあう刺激的な関係が成立した。

その他メンバーの業績として主要なものを取り上げる。上記のプロジェクトと同様に、この 5 年間で、数学者と物理学者との共同研究が日常的なレベルで進展する複数の回路を作ることができ、今後の研究のプラットフォームとなることが期待される。

(5)加藤毅

- ・非コンパクトな被覆空間上のゲージ理論を展開可能であることを示し、被覆上のゲージ理論における不変量を構成した。(笹平裕史 Hang Wang との共同研究 2021)。
- ・族の Seiberg-Witten 不変量に対するある種の剛性定理を示し、応用として「滑らかになれない位相的 4 次元ファイバー束」の例を与え(中村信裕 今野北斗との共同研究 2021)。
- ・Seiberg-Witten 不変量のシンプルタイプ予想に対する部分的解決(岸本 大佑, 中村 信裕, 安井 弘一との共同研究 2021)

(6)五味 清紀

- ・研究代表者の数学的な Seiberg-Witten 理論の考察中であらわれた不変量を物性科学に応用可能な形に精密に調べた。(G. De Nittis との共同研究 2018)
- ・Atiyah-Hirzebruch スペクトル系列と物性物理(塩崎 謙, 佐藤 昌利との共同研究 2018)
- ・Weyl 半金属に対するバルク境界対応を, ある二つのホモロジー類の一致として数学的に定式化(2021)
- ・クラス AIII の対称性を持つトポロジカル絶縁体に対し, ‘実’gerbe を用いてある不変量を定式化 (2021)

(7)林 晋

- ・バルクエッジ対応をある場合に指数の同境不変性を用いて導いた (2017)
- 注：当プロジェクトの一貫として、名取雅生 (M2) により証明の簡易化が 2021 に与えられた。
- ・コーナー状態の可能性を適切な  $\mathbb{C}^*$  代数を用いて分類した (奥川亮との共同研究 2018, 2019, 2021)。
  - ・マトリックス分解の理論を用いて、コーナー状態を与える Fredholm 指数を幾何学的な写像度として同定した(2022)

(8)窪田陽介

- ・バルクエッジ対応を、粗幾何における張り合わせの性質 (Mayer-Vietoris 完全系列)として把握。(2017)
  - ・連続近似したとき、余次元が 2 の部分多様体にそって転位がある結晶に対して、バルクエッジ対応とパラレルな性質があることを示した。作用素環の幾何への深い適用の系として得られる。(2021)
  - ・結晶における一種の T 双対性が作用素環論の深い理論とつながりがあることを示した(2021)
- 2020 年 9 月建部賢弘奨励賞 日本数学会 {作用素環の K 理論の幾何学的応用}
- 2020 年 3 月理研梅峰賞 理化学研究所

(9)今野北斗 谷口正樹

- ・正スカラー曲率計量の非存在性について 10/8 不等式の方法を応用した。
  - ・さらにその問題に有限次元近似を有効に用いて Floer ホモトピー型を用いた実質的に究極と思われる定式化を行った
- 注：加藤毅氏が高田土満氏との共同研究において扱う被覆空間は、非コンパクト空間である。谷口氏は「周期的な端」をもつ非コンパクト空間を扱う一連の研究があり上記の今野氏との共同研究もそのひとつである。
- 注：今野氏は、彼の一連の研究によって「微分同相群と同相群がホモトピー同値にならないような 4 次元多様体の例」と、「どのようにホモトピー同値にならないか」に関する 4 次元トポロジーの最近の活発な研究を先導している。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計50件（うち査読付論文 50件 / うち国際共著 39件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kato Tsuyoshi, Kishimoto Daisuke, Tsutaya Mitsunobu	4. 巻 -
2. 論文標題 Hilbert bundles with ends	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Topology and Analysis	6. 最初と最後の頁 1~32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/s1793525321500680	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 Kato Tsuyoshi	4. 巻 15
2. 論文標題 L <sup>2</sup> harmonic theory, Seiberg-Witten theory and asymptotics of differential forms	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Gokova Geometry Topology	6. 最初と最後の頁 1-22
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 Kato Tsuyoshi	4. 巻 15
2. 論文標題 Covering-monopole map and higher degree in non-commutative geometry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Noncommutative Geometry	6. 最初と最後の頁 995~1071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4171/jncg/430	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 Kato Tsuyoshi	4. 巻 15
2. 論文標題 Induced map on K-theory for certain $\Gamma$ -equivariant maps between Hilbert spaces	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Noncommutative Geometry	6. 最初と最後の頁 1433~1467
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4171/jncg/442	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 Kato Tsuyoshi、Konno Hokuto、Nakamura Nobuhiro	4. 巻 157
2. 論文標題 Rigidity of the mod 2 families Seiberg-Witten invariants and topology of families of spin 4-manifolds	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Compositio Mathematica	6. 最初と最後の頁 770 ~ 808
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1112/s0010437x2000771x	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 Kato Tsuyoshi、Kishimoto Daisuke、Tsutaya Mitsunobu	4. 巻 -
2. 論文標題 Homotopy type of the unitary group of the uniform Roe algebra on $Z_n$	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Topology and Analysis	6. 最初と最後の頁 1 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S1793525321500357	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 Gomi Kiyonori、Thiang Guo Chuan	4. 巻 388
2. 論文標題 'Real' Gerbes and Dirac Cones of Topological Insulators	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 1507 ~ 1555
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00220-021-04238-0	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 該当する

1. 著者名 Gomi Kiyonori、Thiang Guo Chuan	4. 巻 388
2. 論文標題 'Real' Gerbes and Dirac Cones of Topological Insulators	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 1507 ~ 1555
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00220-021-04238-0	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 該当する

1. 著者名 De Nittis Giuseppe, Gomi Kyonori	4. 巻 -
2. 論文標題 The Cohomology Invariant for Class DIII Topological Insulators	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Annales Henri Poincare	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) 10.1007/s00023-022-01183-z	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 Gomi Kiyonori, Kubota Yosuke, Thiang Guo Chuan	4. 巻 32
2. 論文標題 Twisted crystallographic T-duality via the Baum-Connes isomorphism	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 2150078 ~ 2150078
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0129167X21500786	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 Hayashi Shin	4. 巻 111
2. 論文標題 Classification of topological invariants related to corner states	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Letters in Mathematical Physics	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) 10.1007/s11005-021-01460-8	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 該当する

1. 著者名 Nagasato Yuki, Takane Yositate, Yoshimura Yukinori, Hayashi Shin, Nakanishi Takeshi	4. 巻 90
2. 論文標題 Gapless States Localized along a Staircase Edge in Second-Order Topological Insulators	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 104703 ~ 104703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.104703	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 Kubota Yosuke	4. 巻 54
2. 論文標題 The bulk-dislocation correspondence for weak topological insulators on screw?dislocated lattices	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical	6. 最初と最後の頁 364001 ~ 364001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1751-8121/ac190c	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 Kubota Yosuke	4. 巻 23
2. 論文標題 The Index Theorem of Lattice Wilson?Dirac Operators via Higher Index Theory	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Annales Henri Poincar?	6. 最初と最後の頁 1297 ~ 1319
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00023-022-01159-z	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 Kubota Yosuke	4. 巻 16
2. 論文標題 The relative Mishchenko-Fomenko higher index and almost flat bundles II: Almost flat index pairing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Noncommutative Geometry	6. 最初と最後の頁 215 ~ 264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4171/JNCG/432	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 Kubota Yosuke, Schick Thomas	4. 巻 25
2. 論文標題 The Gromov?Lawson codimension 2 obstruction to positive scalar curvature and the C??index	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geometry & Topology	6. 最初と最後の頁 949 ~ 960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2140/gt.2021.25.949	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 Konno Hokuto, Nakamura Nobuhiro	4. 巻 to appear
2. 論文標題 Constraints on families of smooth 4-manifolds from $\text{Pin}^-(2)$ -monopole	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Algebraic & Geometric Topology	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 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 David Baraglia, Konno Hokuto	4. 巻 to appear
2. 論文標題 A note on the Nielsen realization problem for $K3$ surfaces	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the American Mathematical Society	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 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 Baraglia David, Konno Hokuto	4. 巻 15
2. 論文標題 On the Bauer-Furuta and Seiberg-Witten invariants of families of 4 manifolds	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Topology	6. 最初と最後の頁 505 ~ 586
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1112/topo.12229	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 Konno Hokuto	4. 巻 25
2. 論文標題 Characteristic classes via 4-dimensional gauge theory	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geometry & Topology	6. 最初と最後の頁 711 ~ 773
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2140/gt.2021.25.711	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 Konno Hokuto	4. 巻 15
2. 論文標題 A cohomological Seiberg-Witten invariant emerging from the adjunction inequality	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Topology	6. 最初と最後の頁 108 ~ 167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1112/topo.12215	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 Iida Nobuo, Taniguchi Masaki	4. 巻 58
2. 論文標題 Seiberg-Witten Floer Homotopy Contact Invariant	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Studia Scientiarum Mathematicarum Hungarica	6. 最初と最後の頁 505 ~ 558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1556/012.2021.01511	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 Taniguchi Masaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Seifert hypersurfaces of 2-knots and Chern-Simons functional	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Quantum Topology	6. 最初と最後の頁 335 ~ 405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4171/QT/165	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 Fukaya Hidenori, Furuta Mikio, Matsuo Shinichiroh, Onogi Tetsuya, Yamaguchi Satoshi, Yamashita Mayuko	4. 巻 380
2. 論文標題 The Atiyah-Patodi-Singer Index and Domain-Wall Fermion Dirac Operators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 1295 ~ 1311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00220-020-03806-0	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 Gomi Kiyonori	4. 巻 32
2. 論文標題 Smoothness filtration of the magnitude complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Forum Mathematicum	6. 最初と最後の頁 625 ~ 639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/forum-2019-0091	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 Gomi Kiyonori, Tauber Clement	4. 巻 110
2. 論文標題 Eigenvalue crossings in Floquet topological systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Letters in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 465 ~ 500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11005-019-01225-4	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 Gomi Kiyonori	4. 巻 -
2. 論文標題 Homological bulk-edge correspondence for Weyl semimetal	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	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) 10.1093/ptep/ptab035	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 De Nittis Giuseppe, Gomi Kiyonori, Moscolari Massimo	4. 巻 152
2. 論文標題 The geometry of (non-Abelian) Landau levels	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geometry and Physics	6. 最初と最後の頁 103649 ~ 103649
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geomphys.2020.103649	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 Konno Hokuto, Taniguchi Masaki	4. 巻 222
2. 論文標題 Positive scalar curvature and 10/8-type inequalities on 4-manifolds with periodic ends	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Inventiones mathematicae	6. 最初と最後の頁 833 ~ 880
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00222-020-00979-2	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 Kato Tsuyoshi, Nakamura Nobuhiro, Yasui Koichi	4. 巻 -
2. 論文標題 The simple type conjecture for mod 2 Seiberg-Witten invariants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the European Mathematical Society	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 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 Kiyonori Gomi	4. 巻 -
2. 論文標題 Freed-Moore K-theory	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications in Analysis and Geometry	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 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 Baraglia David, Konno Hokuto	4. 巻 -
2. 論文標題 A note on the Nielsen realization problem for K3 surfaces	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the American Mathematical Society	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) 10.1090/proc/15544	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 Kim Minkyu	4. 巻 -
2. 論文標題 Kitaev's Stabilizer Code and Chain Complex Theory of Bicommutative Hopf Algebras	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications in Mathematical Physics	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 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 Fukaya Hidenori, Furuta Mikio, Matsuo Shinichiroh, Onogi Tetsuya, Yamaguchi Satoshi, Yamashita Mayuko	4. 巻 380
2. 論文標題 The Atiyah-Patodi-Singer Index and Domain-Wall Fermion Dirac Operators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 1295 ~ 1311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00220-020-03806-0	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 De Nittis Giuseppe, Gomi Kiyonori	4. 巻 31
2. 論文標題 On the K-theoretic classification of dynamically stable systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Reviews in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 1950003 ~ 1950003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0129055X1950003X	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 Gomi Kiyonori, Thiang Guo Chuan	4. 巻 109
2. 論文標題 Crystallographic bulk-edge correspondence: glide reflections and twisted mod 2 indices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Letters in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 857 ~ 904
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11005-018-1129-1	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 Gomi Kiyonori、Thiang Guo Chuan	4. 巻 139
2. 論文標題 Crystallographic T-duality	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geometry and Physics	6. 最初と最後の頁 50 ~ 77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geomphys.2019.01.002	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 Okugawa Ryo、Hayashi Shin、Nakanishi Takeshi	4. 巻 100
2. 論文標題 Second-order topological phases protected by chiral symmetry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	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) 10.1103/physrevb.100.235302	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 Hayashi Shin	4. 巻 109
2. 論文標題 Toeplitz operators on concave corners and topologically protected corner states	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Letters in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 2223 ~ 2254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11005-019-01184-w	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 De Nittis Giuseppe、Gomi Kiyonori	4. 巻 290
2. 論文標題 Chiral vector bundles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mathematische Zeitschrift	6. 最初と最後の頁 775 ~ 830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00209-018-2041-1	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 Hayashi Shin	4. 巻 364
2. 論文標題 Topological Invariants and Corner States for Hamiltonians on a Three-Dimensional Lattice	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Communications in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 343 ~ 356
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00220-018-3229-2	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 De Nittis Giuseppe, Gomi Kiyonori	4. 巻 290
2. 論文標題 Chiral vector bundles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mathematische Zeitschrift	6. 最初と最後の頁 775 ~ 830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00209-018-2041-1	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 Shiozaki Ken, Shapourian Hassan, Gomi Kiyonori, Ryu Shinsei	4. 巻 98
2. 論文標題 Many-body topological invariants for fermionic short-range entangled topological phases protected by antiunitary symmetries	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	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) 10.1103/PhysRevB.98.035151	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 De Nittis Giuseppe, Gomi Kiyonori	4. 巻 108
2. 論文標題 The FKMM-invariant in low dimension	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Letters in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 1225 ~ 1277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11005-017-1029-9	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 De?Nittis Giuseppe, Gomi Kiyonori	4. 巻 124
2. 論文標題 The cohomological nature of the Fu?Kane?Mele invariant	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Geometry and Physics	6. 最初と最後の頁 124 ~ 164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geomphys.2017.10.007	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 Thiang Guo Chuan, Sato Koji, Gomi Kiyonori	4. 巻 923
2. 論文標題 Fu?Kane?Mele monopoles in semimetals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nuclear Physics B	6. 最初と最後の頁 107 ~ 125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nuclphysb.2017.07.018	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 Gomi Kiyonori, Shinshu University, Japan	4. 巻 13
2. 論文標題 Twists on the Torus Equivariant under the 2-Dimensional Crystallographic Point Groups	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Symmetry, Integrability and Geometry: Methods and Applications	6. 最初と最後の頁 014 ~ 051
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3842/SIGMA.2017.014	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 Ogata Yoshiko	4. 巻 352
2. 論文標題 A Class of Asymmetric Gapped Hamiltonians on Quantum Spin Chains and its Characterization III	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Communications in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 1205 ~ 1263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00220-016-2810-9	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 Hayashi Shin	4. 巻 29
2. 論文標題 Bulk-edge correspondence and the cobordism invariance of the index	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Reviews in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 1750033 ~ 1750033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0129055X17500337	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 Hayashi Shin	4. 巻 29
2. 論文標題 Bulk-edge correspondence and the cobordism invariance of the index	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Reviews in Mathematical Physics	6. 最初と最後の頁 1750033 ~ 1750033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0129055X17500337	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29件 (うち招待講演 29件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 古田幹雄
2. 発表標題 トラス上のDirac作用素の正方格子による有限次元近似
3. 学会等名 Summer School 数理物理 2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kato Tsuyoshi
2. 発表標題 $L^2$ harmonic theory and Seiberg-Witten・Bauer-Furuta theory on non-compact complete Riemannian 4-manifolds
3. 学会等名 The Eighth Pacific Rim Conference in Mathematics, Session on Differential Geometry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kato Tsuyoshi
2. 発表標題 L <sup>2</sup> harmonic theory and Seiberg-Witten・Bauer-Furuta theory on non-compact complete Riemannian 4-manifolds
3. 学会等名 SouthamptonKyoto Workshop 2 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 五味 清紀
2. 発表標題 同変K理論によるバンド絶縁体の分類
3. 学会等名 オンラインCREST チュートリアル・ワークショップ 物質のトポロジカル相の理論的探究 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林 晋
2. 発表標題 Topological invariants and corner states for Hamiltonians on a lattice
3. 学会等名 第27回大阪市立大学国際学術シンポジウム 可視化の数理と対称性およびモジュライの深化 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林 晋
2. 発表標題 A mathematical approach to higher-order topological insulators
3. 学会等名 トポロジカル表面状態、ソリトンとブレーション、指数定理 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林 晋
2. 発表標題 Toeplitz作用素の指数理論と(高次)トポロジカル絶縁体のトポロジーについて
3. 学会等名 神戸幾何学セミナー, 神戸大学(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古田 幹雄
2. 発表標題 Index of the Wilson-Dirac operator revisited: a discrete version of Dirac operator on a finite lattice
3. 学会等名 理研 iTHEMS Math Seminar(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Furuta Mikio
2. 発表標題 The Atiyah-Patodi-Singer index theorem and domain walls
3. 学会等名 MATERIALS 56 RESEARCH MEETING 2019 Materials Innovation for Sustainable Development Goals, YOKOHAMA SYMPOSIA(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Furuta Mikio
2. 発表標題 The Atiyah-Patodi-Singer index theorem and domain walls
3. 学会等名 International Molecule-type Workshop Frontiers in Lattice QCD and related topics, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤毅
2. 発表標題 Seiberg-Witten 理論周辺の応用と発展
3. 学会等名 第66回幾何学シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kato Tsuyoshi
2. 発表標題 A rigidity theorem of the $Z_2$ -valued Seiberg-Witten invariants for spin families
3. 学会等名 Index Theory, Duality and Related FieldsIn honour of Varghese Mathai 's 60th birthday(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kato Tsuyoshi
2. 発表標題 Twisted Donaldson invariant
3. 学会等名 K-theory and Noncommutative Geometry(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gomi Kiyonori
2. 発表標題 Topological Phases of Interacting Quantum Systems
3. 学会等名 Casa Matematica Oaxaca, Mexico(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gomi Kiyonori
2. 発表標題 Topological phase and generalized (co)homology
3. 学会等名 Rigorous Statistical Mechanics and Related Topics, Kyoto University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 晋
2. 発表標題 Topological invariants and corner states for Hamiltonians on a lattice
3. 学会等名 第66回トポロジーシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林 晋
2. 発表標題 ある種の角に対するテープリッツ作用素の指数理論とその応用
3. 学会等名 第66回幾何学シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hayashi Shin
2. 発表標題 Topological phases of interacting quantum systems
3. 学会等名 Casa Matematica Oaxaca, Mexico (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古田幹雄
2. 発表標題 The Atiyah-Patodi-Singer index theorem and domain walls
3. 学会等名 BEC2018X Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases: From solid state physics to transdisciplinary concepts, Tsukuba University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林晋
2. 発表標題 Topological invariants and corner states for Hamiltonians on a three dimensional lattice
3. 学会等名 Topology and computer 2018, Nara Women's University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤毅
2. 発表標題 Twisted Donaldson invariant
3. 学会等名 Gauge Theory and Applications, Universität Regensburg (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松尾信一郎
2. 発表標題 Asymptotic volume growth of the instanton moduli spaces over the four-sphere
3. 学会等名 Gauge theory and applications at Universität Regensburg (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 五味清紀
2. 発表標題 Band topology and submanifolds of matrices
3. 学会等名 Recent progress in mathematics of topological insulators, ETH Zürich, Switzerland (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古田幹雄
2. 発表標題 Pin(2)-Seiberg-Witten Floer functor on homology 3-spheres
3. 学会等名 Mathematical Aspects of Topological Phases of Matter and Quantum Computing, AIMR (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤毅
2. 発表標題 Twisted Donaldson invariant
3. 学会等名 Gauge Theory in Fukuoka (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 窪田陽介
2. 発表標題 Relative higher index and almost flat bundles
3. 学会等名 Gauge Theory in Fukuoka (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 古田幹雄
2. 発表標題 A (3+1)-dimensional TQFT with TRS-like symmetry
3. 学会等名 Variety and universality of bulk-edge correspondence in topological phases, University of Tsukuba (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 五味清紀
2. 発表標題 Topological crystalline insulators and K-theory
3. 学会等名 Topology & Condensed Matter, National Tsing Hua University, Taiwan, March 22-23 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 緒方芳子
2. 発表標題 A class of asymmetric gapped Hamiltonians on quantum spin
3. 学会等名 "Operator algebras and Quantum Information Theory", IHP Paris (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

A01「トポロジカル物質」 <a href="https://www.math-materials.jp/outline/#a01">https://www.math-materials.jp/outline/#a01</a> 研究成果報告書 <a href="https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/activity/annualreport.html">https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/activity/annualreport.html</a> 研究成果報告書 令和元年度 東京大学大学院数理科学研究科 <a href="https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/activity/documents/AnnualReport2019.pdf">https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/activity/documents/AnnualReport2019.pdf</a> 東大数理：研究成果報告書平成30年度 <a href="https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/activity/documents/AnnualReport2018.pdf">https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/activity/documents/AnnualReport2018.pdf</a> 京都大学 教育研究活動データベース <a href="https://kyouindb.iimc.kyoto-u.ac.jp/j/cA2iC">https://kyouindb.iimc.kyoto-u.ac.jp/j/cA2iC</a> Kiyonori Gomi's Website <a href="http://www.math.titech.ac.jp/~kgomi/">http://www.math.titech.ac.jp/~kgomi/</a>
--

## 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	五味 清紀  (Gomi Kiyonori)  (00543109)	東京工業大学・理学院・教授    (12608)	
研究分担者	加藤 毅  (Kato Tsuyoshi)  (20273427)	京都大学・理学研究科・教授    (14301)	

## 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5件

国際研究集会 PROGRESS IN THE MATHEMATICS OF TOPOLOGICAL STATES OF MATTER, AIMR	開催年 2019年～2019年
国際研究集会 Topology and Computer 2018, Oct. 12 (Fri) - 14 (Sun) around midday Venue: Nara Women's University, Collaboration Center Z306	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 Symposium on Transformation Groups, Kumamoto City International Center, December 6(Thu) - December 8(Sat), 2018	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 East Asian Conference on Gauge theory and Related Topics, Kyoto university, September 11- September 15, 2018	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 Gauge Theory in Fukuoka	開催年 2018年～2018年

## 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
---------	---------