

研究タイトル:

## トポロジ的物質の数理と物理



氏名: 長谷部 一気 / HASEBE Kazuki E-mail: khasebe@sendai-nct.ac.jp

職名: 講師 学位: 博士(理学)

所属学会・協会: 日本物理学会

研究分野: 量子力学, 場の量子論, 高エネルギー物理学, 固体物理学

キーワード: 量子ホール効果(トポロジカル絶縁体), 非可換幾何, 微分幾何

技術相談  
提供可能技術:   
・マセマティカによる計算  
・群論, 微分幾何, トポロジーなどの数学の相談

### 研究内容:

#### ●量子ホール効果(トポロジカル絶縁体)

量子ホール系に代表されるトポロジカル絶縁体について研究を行っている。量子ホール系はバルクで絶縁体, 端で金属的な電流が流れる系であり, その端電流は一般に不純物の存在に対して散乱を受けない。その理由はバルクで定義されるトポロジカル不変量が端状態の安定性を保証するからである。私は, グラフェンにおける相対論的な量子ホール系や高次元における量子ホール系の理論的な研究を行っている。2次元でももとは実現している量子ホール系の枠組みを高次元に拡張することで, その普遍的性質を明らかにした。(現在の理解では高次元の量子ホール系は A クラスのトポロジカル絶縁体に分類される。)高次元の量子ホール系はこれまでは単に仮想的な系と思われてきたが光格子中の冷却原子を用いた実験で, エネルギー準位の方向を新たな次元とみなして高次元をシミュレートすることが提案されており, 今後の発展が期待される。また, 最近では奇数次元における量子ホール系の研究が行なっている。量子ホール系は, 偶数次元で存在することが自然であるが, 奇数次元でもそれより1次元高い次元に埋め込むことによって, 自然に実現できることを示した。今後はその奇数次元(特に3次元)の量子ホール系の物理的性質について詳細に調べることが計画している。更に, ワイル半金属といったグラフェンを3次元に拡張した相対論的なトポロジカル金属についても興味をもっている。

量子ホール系は磁場中の量子力学系であるランダウ模型をその舞台としているが, ランダウ模型はそれ自体, 非可換幾何やトポロジーに関する興味深い性質を有している。それについて以下の非可換幾何の欄で述べる。

#### ●非可換幾何

時間や空間を細かく分割していくと, 最終的にそれ以上分けられない量子的な時空の単位が現れると思われる。その数学的な枠組みを与えるのが非可換幾何であると期待されている。非可換幾何は未だ完成された枠組みではない。私は, その非可換幾何の数理が物理的文脈でどのように現れるか研究を行っている。特に, 磁場中の量子力学系であるランダウ模型を用いてその中で生み出される非可換幾何について興味を持っている。非可換幾何は数の上にある非可換な代数を定義することで導入されるが, 一般にその数学的枠組みが無矛盾になっているという保証はない。背後に物理的にコンシステントなヒルベルト空間を有する系であるランダウ模型を用いることで, 非可換幾何の無矛盾性は自動的に保証されるという強みがある。高次元, 超対称な場合についてもランダウ模型を用いた数理的拡張の研究を行っている。特に, 球面の非可換化を専門に行っており, その背後にある微分幾何での重要な概念である, ホップ写像の拡張や指数定理等についても研究している。

### 提供可能な設備・機器:

#### 名称・型番(メーカー)

名称・型番(メーカー)	