

トポロジカル材料科学と革新的機能創出
2018 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書

塩崎 謙

京都大学 基礎物理学研究所
助教

一般コホモロジー理論に基づいたトポロジカル材料科学理論の構築

§ 1. 研究成果の概要

2020年度は以下の研究を行った。

1)ある種の超伝導体は、バルクのトポロジーに起因した安定なノード構造,あるいは物質表面に安定なギャップレス状態を有し,トポロジカル超伝導体と呼ばれている。トポロジカル超伝導体を第一原理計算などにより数値的に検出する簡便な方法として,波数空間の高対称点における Bloch 波動関数の既約分解に基づく,対称性指標と呼ばれる手法が存在する。電子系においてよく整備された手法であるが,超伝導体においては分類が未解決であった。分類の計算方法を整備し,約3万通り存在する独立な対称性クラスに対して対称性指標の分類を与えた。また,超伝導体において,対称性指標では捉えることができないような,高対称線にノードが存在する場合のノードの検出方法についても整備した。

2)近年,非エルミート系におけるトポロジカル相の研究が進んでいる。高次のトポロジカル相と呼ばれる,系の角に一部の波動関数が局在するような現象について提案し,バルクの特徴付け,物性を議論した。また,非エルミート・トポロジカル相の基本物性を記述する,トポロジカル場の理論を提案した。また,非エルミート系における空間群対称性を,数学的に等価である,カイラル対称性の存在するエルミート系における空間群対称性として定義することにより,230通りの空間群に対して対称性指標の分類を行い,また,スピニフル電子系においては対称性指標の表式を与えた。

3)非線形模型のトポロジカル項は,従来はホモトピー群により分類されると考えられていたが,近年のトポロジカル相の研究により,場の理論の局所性の要請によって同境界類によって分類されることが示された。複素旗多様体上のシグマ模型におけるトポロジカル項について,スペクトル系列の計算, $U(1)$ 場に対する制限方程式などを用いてトポロジカル項を分類し,その物性への影響について議論した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Higher-order non-Hermitian skin effect”, Kohei Kawabata, Masatoshi Sato, and Ken Shiozaki, Phys. Rev. B 102, 205118 (2020).