

河東 泰之

東京大学大学院数理科学研究科
教授

物質のトポロジカル相の理論的探究

§ 1. 研究成果の概要

量子スピン系について、ギャップありの一意的な基底状態を持つような、時間反転不変なハミルトニアンについて新しい指数を導入し、ギャップありハミルトニアンの $C1$ 級分類についての不変量であることを証明した。これはトポロジカル絶縁体の数学的研究において新しい重要な成果である。

半整数のスピンをもつ量子スピン系について、相互作用が短距離的で平行移動不変であり、時間反転対称性あるいは $Z2 \times Z2$ 対称性を持てば、ギャップのある一意的な基底状態を持つことはないことを示した。これは古典的な Lieb-Schultz-Mattis 定理の離散対称性版を示したことになり、重要な成果である。

散逸やゲインなどにより生じる非エルミート性は、トポロジカルレーザーなど従来にない機能をトポロジカル物質に与える。今年度は、そのような非エルミート系特有の現象の一つである非エルミート表皮効果の数理構造を調べた。非エルミート表皮効果というのは、周期的境界条件から開境界条件に境界条件を替えた際、系のスペクトルが大きく変化すると同時に、端に全ての状態が局在するという現象で、新しいタイプの局在現象として最近活発に研究が進められている。本研究では、数学のスペクトル理論とりわけ Toeplitz 演算子の指数定理を応用することで、非エルミート表皮効果がトポロジカルな起源を持つことを明らかにし、さらに対称性によって守られた非エルミート表皮効果と呼ばれる新しい種類の表皮効果を見出した。

【代表的な原著論文】

1. Y. Ogata, A $Z2$ -Index of symmetry protected topological phases with time reversal symmetry for quantum spin chains, *Comm. Math. Phys.* 374 (2020), 705-734.
2. Y. Ogata, H. Tasaki, Lieb-Schultz-Mattis type theorems for quantum spin chains without continuous symmetry, *Comm. Math. Phys.* 372 (2019), 951-962.

3. Nobuyuki Okuma, Kohei Kawabata, Ken Shiozaki, and Masatoshi Sato "Topological Origin of Non-Hermitian Skin Effects" *Phys. Rev. Lett.* 124, 086801 (2020).

§ 2. 研究実施体制

(1) 河東グループ

- ① 研究代表者:河東 泰之 (東京大学大学院数理科学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・モジュラーテンソル圏の作用素環を用いた解析
 - ・ギャップありハミルトニアン作用素環による分類

(2) 佐藤グループ

- ① 主たる共同研究者:佐藤 昌利 (京都大学基礎物理学研究所、教授)
- ② 研究項目
 - ・トポロジカル超伝導体におけるマヨラナフェルミオンの理論
 - ・非エルミートトポロジカル相の数理構造

(3) 古崎グループ

- ① 主たる共同研究者:古崎 昭 (理化学研究所開拓研究本部、主任研究員)
- ② 研究項目
 - ・トポロジカル材料の設計理論
 - ・量子多体系のトポロジカル相の理論