

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

Topological materials science based on generalized cohomology theory

京大基研 塩崎 謙

Kyoto Univ., Ken Shiozaki

E-mail: ken.shiozaki@yukawa.kyoto-u.ac.jp

2005 年の Kane と Mele による時間反転対称性によって保護された Z_2 トポロジカル絶縁体の理論的発見[1]以来、トポロジカル相と呼ばれる物質相が盛んに研究されている。特に、トポロジカル絶縁体・超伝導体においては、バルクは自由な電荷自由度のないフルギャップな絶縁体・超伝導体である一方で、物質の表面においては不純物、境界の不均一性に依存しない強固な金属状態を有するという性質があり、様々な応用が期待されている。

本研究では、代数幾何学における一般コホモロジー理論の数学的枠組みを手がかりとして、トポロジカル相の物性を調べている。バルクにおける非自明な量子もつれと境界における低エネルギーのギャップレス状態の関係は、バルク境界対応と呼ばれ、トポロジカル相の基本的性質である。バルク境界対応を一般ホモロジー理論における境界作用素として解釈することにより、トポロジカル相におけるトポロジーのみに依存する物性を、一般ホモロジー理論として定式化することができる[1,2]。また、トポロジカル絶縁体・超伝導体の分類問題（与えられた対称性のもと、非自明なトポロジカル絶縁体・超伝導体が存在するかという問い）は、バンド理論においてトポロジカル不変量の有無を調べる問題と等価であるが、K 理論（一般コホモロジー理論の一種）として定式化され、数学的問題に帰着する。

講演では、Atiyah-Hirzebruch スペクトル系列と呼ばれる、一般コホモロジー理論における計算ツールをトポロジカル絶縁体・超伝導体の分類問題に対して適用した話題について紹介する[2,3]。この手法においては、まず実空間、あるいは波数空間を、興味のある（磁気）空間群対称性に開円板に分割する。次に、開円板上の「局所的」なトポロジカル絶縁体・超伝導体の分類を計算し、粗い分類結果を得る。続いて、隣接する開円板上においてトポロジカル絶縁体・超伝導体の「パッチワーク」を、境界ギャップレス状態が生じないように「貼り合わせる」ことにより、より正確な分類結果を得る。応用例として、230 通りの空間群に対して、波数空間におけるトポロジカル不変量の分類が得られている[3]。

参考文献

[1] A. Kitaev, *Toward a topological classification of many-body quantum states with short-range entanglement*, topological Quantum Computing Workshop (Stony Brook, NY: Simons Center for Geometry and Physics, Stony Brook University), <http://scgp.stonybrook.edu/archives/1087>.

[2] KS, Charles Zhaoxi Xiong, Kiyonori Gomi, arXiv:1810.00801.

[3] KS, Masatoshi Sato, Kiyonori Gomi, arXiv:1802.06694.