

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

2005 年のトポロジカル絶縁体の発見依頼、トポロジカル相と呼ばれる、対称性の破れを伴わない物質相の研究が盛んに行われている。トポロジカル相は当初は電子系において見出されたが、現在ではトポロジカル相が対象とする物質系は多岐に渡る。電子系、磁性系、光学系、周期駆動系、非エルミットな量子系、力学系、電子回路系などである。トポロジカルな性質は、物質科学において生来備わっている性質のひとつであると考えらるべきである。トポロジカル相の特徴は、バルク境界対応であり、物質内部においては”生きた”自由度は存在しないが、物質の境界において”生きた”自由度が生じる。この物質境界に顕在化する”生きた”自由度は、通常の金属とは異なる物性を示し、様々な応用が提案されている。バルク境界対応は、数学の一般ホモロジー理論における境界写像と性質が似ている。この観点に基づき、トポロジカル相を一般(コ)ホモロジー理論によって定式化する、という提案が Kitaev によってなされていた。

本研究においては、トポロジカル相を記述するための、物理系に依存しない数学理論の構築と、トポロジカル相の分類、及び物性の計算方法の整備を目指している。

第一段階として、Kitaev の提案を発展させ、「あらゆるトポロジカル相は物質が定義されている実空間上の何らかの一般ホモロジー理論によって記述される」という理論提案を計算手法の整備を行った [KS, C. Z. Xiong, K. Gomi, arXiv:1810.00801]。特に、空間群、点群など空間的な対称性が一般ホモロジー理論の枠内でどのように記述されるかを、Atiyah-Hirzebruch スペクトル系列と物理的観点から整備した。応用例として、磁気点群によって保護されたトポロジカル絶縁体に対して本枠組みを適用し、トポロジカル相の分類問題を解決した[N. Okuma, M. Sato, KS, Phys. Rev. B 99, 085127 (2019)]。

§ 2 . 研究実施体制

研究者: 塩崎 謙 (京都大学基礎物理学研究所 助教)

研究項目

- ・点群・空間群によって保護されたトポジカル相の、一般ホモロジー理論による定式化
- ・磁気点群対称性の存在下におけるトポジカル結晶絶縁体の分類