

電子相関とトポロジーの視点からの量子物質開拓

数理物質系 物質工学域 藤岡 淳

固体の電子状態を位相幾何学(トポロジー)の観点から理解しようとする潮流が 21 世紀に入ってから大きく発展している。トポロジカル絶縁体やトポロジカル半金属など、従来のバンド理論では捉えられない新しい絶縁体や金属がこの 20 年程で数多く見出されてきた。その特徴は系の電子状態が相対論的な固体電子(ディラック電子、ワイル電子)で表され、その特徴がマクロな電子物性として顕著に現れる点である。例えば、トポロジカル半金属の一種である磁気ワイル半金属では、バルク内部に生じるワイル電子によって巨大な磁気抵抗効果や異常ホール効果が見られる。また、磁性体においても磁気スキルミオンに象徴されるように、トポロジカルに非自明な磁気構造を有する系におけるものが相次いで見出されてきた。これらのトポロジカル電子系、トポロジカル磁性体では、巨大な磁気熱起電力(異常ネルンスト効果)や磁気光学効果(ファラデー効果)が見られる事があるため、基礎的な興味に加えて横型熱電変換材料や磁気光学材料などの機能性材料としても関心がもたれている。

このようなトポロジカル電子系・磁性体の研究は、従来のバンド理論が前提としている一電子近似が良く成り立つ、あるいはその延長で理解できる物質を主な研究対象として発展してきた。他方、新奇なトポロジカル量子現象の開拓の舞台として、電子間の相互作用が強い系(強相関電子系)にも関心がもたれている。強相関電子系では高温超伝導に代表されるように一電子近似の延長では理解できない新電子相が見られる特徴があり、トポロジー物理学の多体系への拡張と新奇なトポロジカル相・トポロジカル磁性の開拓の好適な舞台である。しかしながらその特徴が観測可能な強相関電子系は数が少なく、強相関トポロジカル相や強相関トポロジカル磁性体の研究は大きく遅れている。

我々のグループでは、遷移金属化合物の物質開発を基点として、電子相関が強いトポロジカル半金属やトポロジカル磁性体の量子物性開拓を行ってきた[1-5]。本セミナーでは、強相関トポロジカル半金属・磁性体における量子伝導現象や磁場誘起金属絶縁体転移、トポロジカル磁気揺らぎによる巨大異常ホールを示す磁性体に関する研究を中心に紹介する。

[1] J. Fujioka et al., Nature Commun. 10, 362 (2019).

[2] R. Yamada et al npj Quantum Materials 7, 13 (2022).

[3] H. Nishiyama et al., Phys. Rev. B 104, 115111 (2021).

[4] J. Fujioka et al Phys. Rev. B 103, L041109 (2021).

[5] N. Abe et al., npj quantum materials, 9, 41 (2024).