

論文審査の結果の要旨

氏名 立石 幾真

本論文では、トポロジカル絶縁体の既知の分類法(判別法)を、4回対称性やグライド対称性がある物質、並びに、スピン軌道相互作用が重要な物質に拡張するための理論がまとめられている。この理論は、既知の分類法で用いられる指標を、 δ 指標を導入することにより補うものであり、どの空間群に属する物質も判別ができる点で優れている。この段階ではスピン軌道相互作用がない系(ノーダルライン半金属)に対する理論であるが、スピン軌道相互作用を有する系への拡張も行われ、トポロジカル絶縁体の包括的な判別法にまで踏み込んでいる。本研究の成果により、新規トポロジカル絶縁体探索の研究が加速されると考えられ、今後の物性物理学の発展に寄与するものと期待される。基礎応用の両方の観点から極めて興味深い成果と言える。

本論文は5章から構成されている。第1章では本研究の背景として、トポロジカル絶縁体の分類に関する先行研究を概観して、先行研究で培われた分類法が万能でなく、適用できない場合がある(不完全である)ことが述べられている。第2章では、その不完全性を克服することの重要性、不完全性の起因について簡潔に述べられている。第3章では、実際に不完全性を克服するための方法について詳述されている。本研究では結晶の空間群を部分群に分解して考察する対称性分解法(symmetry decomposition method)と呼ばれる手法が考案されている。この方法の利点は、部分群の判別法を組み合わせることによりどの物質も判別可能になることであり、本章ではそのことがまず示された。次に部分群からの必要最小限の情報は δ 指標としてまとめることができ、その結果、既存の判別法を補完する簡便な判別法が出来上がることが示された。本章では、 δ 指標の具体的な表式が空間群ごとに示されており、理解がしやすいような記述になっている。

第3章ではスピン軌道相互作用(SOC)がない場合のノーダルライン半金属の判別法が議論されたが、実際にはSOCが本質的に重要になる物質もある。その場合でも、SOCを断熱的に導入したときにどのように

ノーダルライン半金属に接続するかがわかれば判別が可能になる。前章までの理論が使えるためである。そこで第4章では、重要な空間群のそれぞれに対して、接続がどのようになされているのかを調べた。この調査のために kp 摂動理論を用い、その結果を確認するために実際の物質のバンド計算を行っている。この研究から、接続に関する詳細が明らかになった。

第5章において本研究で得られた結果をまとめ、それをもとに将来に向けた展望を述べている。

以上のように、本研究では群論（空間群）に対する深い考察を行い、トポロジカル絶縁体の判別法に関する既存の理論の不完全さを克服する重要な結果が得られた。この研究の物性物理学としての価値と独創性は十分と認められ、博士（理学）の学位論文としてふさわしい内容をもつものと認定し、審査員全員で合格と判定した。なお、本論文は、共同研究者らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験の遂行や結果の解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断した。