

## 塩崎 謙

京都大学 大学院理学研究科 博士課程 2年

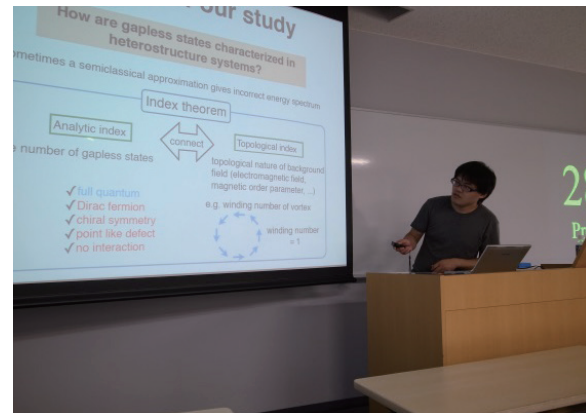
滞在先：名古屋大学 大学院工学研究科

(派遣元研究者：藤本 聡、受入研究者：佐藤 昌利)

## DO1 → DO1

最近、新しいトポロジカル相として結晶対称性など系固有の対称性を使った新しいトポロジカル相が提案されています。私は当初、結晶点群・空間群のような空間的な対称性によって保護されたトポロジカル絶縁体・超伝導体（トポロジカル結晶絶縁体・超伝導体）については、その安定性の観点から詳細に調べる意義について懐疑的でした。トポロジカル絶縁体・超伝導体の重要な性質の一つは、バルクの非自明なトポロジーに起因した表面ギャップレス状態の存在と、そのギャップレス状態が不純物や表面のラフネスに対して強固に守られるという点です。ところが、空間的な対称性は不純物や表面のラフネスによって容易に破れるため、そのトポロジカルな安定性が現実の物質系で実現するか不明だった為です。しかし、鏡映対称性によって守られた表面ギャップレス状態の観測がなされ、また、空間的に非局所な対称性であっても平均的に対称性が保たれていれば局在を起こさないとの理論的な結果を知るに至り、自分でもトポロジカル結晶絶縁体について興味を持ち始めていました。そんな折、若手滞在プログラムにより、トポロジカル結晶超伝導体について研究を行っている名古屋大学の佐藤先生の下でトポロジカル結晶絶縁体・超伝導体に関して研究する機会を頂きました。

さてトポロジカル結晶絶縁体・超伝導体に関連する問題の一つに、その分類そのものが残されており、滞在中にこの分類問題に取り組むことにしました。空間的でない局所な対称性に対するトポロジカル絶縁体の分類問題は Schnyder らと Kitaev により解かれましたが、一般の空間群に対するトポロジカル絶縁体の分類問題は非常に難しい問題であり、現状では、ある特定の対称性クラスにのみ注目し定義可能なトポロジカル数を定義するという場当たり的な方法論を取ることがほとんどでした。私たちは、もっと統一的な結果を得るために、森本さんと古崎先生による Altland-Zirnbauer の 10 通りの対称性クラスに付加的な鏡映対称性を有するトポロジカル絶縁体の分類問題の解決方法に注目しました [1]。彼らの方法はトポロジカル絶縁体の分類問題を Clifford 代数の拡大問題（ギャップレスの Dirac フェルミオンに対して、考えている対称性のもと互いに断熱的に移り変わらない質量項の導入の仕方がどれだけあるかを系統的に計算す



滞在中の開かれたミニワークショップにて発表の機会を頂きました。上はその様子です。

る手法）と見なす方法であり、場当たりのではなく、決まった（しかも簡単な）手続きでトポロジカル・クラスの計算ができる点に利点があります。そこで、森本さんと古崎先生の結果を他の対称性クラスへの拡張を試みました。計算してみると、Clifford 代数による分類方法の適用範囲は鏡映対称性に留まらず、一般の order-two の対称性（2回で元に戻る対称性変換）に対して可能であることが分かりました。これは C2 の回転対称性、空間反転対称性、またそれらの（磁気空間群のような）反ユニタリな対称性が含まれます。分類表を作り、既存の結果と付きあわせて Clifford 代数による分類に矛盾がないことを確かめました。

以上は滞在中に得られた結果ですが、私は結果に満足していませんでした。というのも、どうやら Clifford 代数で order-two の対称性の分類はある程度系統的に可能であることを確かめましたが、分類表を眺めていると何らかの規則に従って分類が決まっているはずだと思うようになったからです。滞在後、この背後に潜んでいる規則を抽出できる分類方法がないかと考え、Teo と Kane の論文 [2] で紹介されている、異なる次元と対称性クラス間の同相写像を構成する方法を検討しました。その結果、任意の order-two の対称性を有するトポロジカル結晶絶縁体は、Altland-Zirnbauer の 10 通りの対称性クラスのラベルに加えて、さらに補助的な 4 通りのラベルを導入するだけで全て尽くされることがわかりました。以上で order-two のトポロジカル結晶絶縁体の分類問題に関して一定の理解が得られ、今回の結果を論文にまとめる運びとなりました。

最後になりましたが、このような機会を与えて下さった新学術領域の若手滞在プログラムに感謝致します。また受け入れ先教員の佐藤先生のみならず、田仲先生、小林さん、田仲研の皆さんに感謝致します。滞在中、食事に誘って頂くなど、いろいろとお気遣い頂きました。また、理化学研究所の森本さんには幾度と議論して頂きました。この場を借りて皆様方にお礼申し上げます。

[1] T. Morimoto and A. Furusaki, Phys. Rev. B **88**, 125129 (2013).

[2] J. C. Y. Teo and C. L. Kane, Phys. Rev. B **82**, 115120 (2010).