

小林 伸吾

東京大学大学院 理学系研究科 博士課程 3年

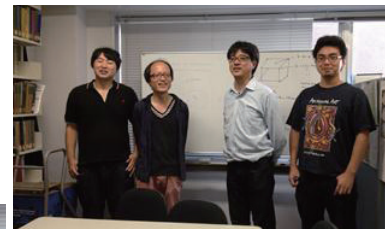
滞在先：名古屋大学 大学院工学研究科

(派遣元研究者：上田 正仁、受入研究者：佐藤 昌利)

DO1 → DO1

近年、固体物理において、エッジ状態とトポロジカル不変量が深く結びついていることが実験と理論の双方において実証されています。ここでのトポロジカル不変量は、波数空間上での電子状態の変化によって定義されます。上記の場合以外にも、トポロジカル不変量が直接関係する物理現象があります。それは、冷却原子気体や超流動ヘリウム中のトポロジカル励起（量子渦やスカーミオンなど）です。トポロジカル励起の場合、トポロジカル不変量は実空間上での秩序変数（巨視的波動関数）の変化によって定義されます。例えば、量子渦の周りでは秩序変数の位相が0から 2π の整数倍だけ変化したとき、この整数が量子渦のトポロジカル不変量を与えます。

私は上田正仁教授の下で、トポロジカル励起に存在するトポロジカル不変量の数学的基礎について研究を行ってきました。私のこれまでの研究ではトポロジカル励起にのみ焦点を当ててきましたが、上記に述べた固体中の電子と冷却原子気体（超流動ヘリウム）の秩序変数が持つトポロジカル不変量は波数空間と実空間の違いはありますが、定義する数学自体は類似しています。よって、私は研究の視野を固体中のトポロジカル現象にまで広げたいと考え、今回若手派遣プログラムに申し込みました。滞在先については、固体中のトポロジカル不変量とエッジ状態の関係性をきちんと学び、さらには最新の研究状況を把握するために名古屋大学の田仲由喜夫教授と佐藤昌利准教授の居られる研究室を選びました。滞在は2週間させていただき、滞在中は研究を行いやすいように名古屋大学構内の宿舎に泊めていただきました。日々の研究は、佐藤先生との毎日2時間の議論と私が抱いた疑問を佐藤先生やPDの山影さんに質問するという形で進行していきました。最初の1週間は、固体物理の分野に慣れるために、私は幅広く論文を読み漁り疑問に思ったことを佐藤先生や山影さんに質問しました。また、気になるトピックがあったら佐藤先生にその研究の進行状況を教えていただき、研究になるかどうか一緒に考えていき



佐藤先生との議論風景です（左）。ここから様々なアイデアが生まれました。PDの山影さんと矢田さんも含めてみんなで記念写真も撮りました（上）。

ました。この1週間の中で議論を重ねた結果、私は1つの方向性を定めることができました。それは、点群対称性 (PGS) を持ったトポロジカル超伝導体 (TSC) 中のマヨラナ粒子の判定法の確立です。従来のトポロジカル絶縁体の場合は、Altland-Zirnbauer の周期表によってマヨラナ粒子が判別されていましたが、PGSがある場合は、その周期表の枠から外れることが知られており、さらなる判定法が要求されます。私は、残りの1週間で PGS を持った TSC の研究に費やしました。私は佐藤先生と協力して、PGS とマヨラナ粒子の関係性を定量的に探るために、具体的なモデルとして Teo と Hughes が考案した4重回転対称性を持つ2次元の TSC [1] に焦点を当て、数値計算を行いました。まず、我々は数値計算により先行結果を再現することに成功しました。次に、我々はモデルに摂動を加え、点群対称性を破ったときの振る舞いを調べました。その結果、点群対称性が無いにも関わらず、存在するマヨラナ粒子を発見致しました。滞在中の研究ではここまでしか調べることができませんでしたが、今回発見したマヨラナ粒子の判別条件やモデルの3次元への拡張など課題はいくつも残されています。よって、この若手派遣プログラムをきっかけとして、今後も共同研究を続けていきたいと考えています。

最後に、この機会を与えてくれた新学術領域の若手派遣プログラムに感謝いたします。また、私を受け入れてくれた田仲先生、佐藤先生、山影さん、矢田さん、田仲研究室の学生みなさんに感謝いたします。特に研究室のみなさんには、私が滞在した時期はちょうど物理学会前で忙しいにも関わらず、毎日食事に誘っていただいたり、名古屋の名物などを紹介していただいたりして楽しい日々を過ごすさせていただきました。おかげで大変有意義な2週間を過ごすことができ心から感謝しています。

[1] J. C. Y. Teo and T. L. Hughes arXiv:1208.6303v1