

トポロジカル凝縮相における量子交差相関現象

野村 健太郎 / 東北大学 金属材料研究所 准教授



のむら・けんたろう

神奈川県出身

2003年東京大学大学院総合文化研究科博士課程終了。その後テキサス大学でポスドク、東北大学助教、理化学研究所研究員を経て、2012年より現職。

トポロジカルに非自明な状態はトポロジカル不変量によって特徴付けられる事はよく知られていますが、トポロジカル不変量は観測可能なのだろうか？量子ホール効果ではホール伝導率の量子化値がチャーン数に一致しますが、例えば近年注目を集めている3次元のトポロジカル超伝導体・超流動体の特徴付ける巻き付き数はいかにして「測定」することができるのか？本プロジェクトでは交差相関応答に着目しこの問題を明らかにすべく研究を進めております。

トポロジカル絶縁体の興味深い現象としてトポロジカル電気磁気効果あるいは量子交差相関応答と呼ばれるものがあります。まずトポロジカル絶縁体の表面に磁性不純物をドーピングするなどして表面を量子ホール状態にします。図1にありますように、電場をかけると、表面量子ホール電流が試料の周りを循環し、内部に磁場あるいは磁気モーメントを作ります。同様に磁場をかけると内部に電気分極が発生する事が示せます。電場(磁場)で磁化(電気分極)を誘起するというように、電気的自由度と磁気的自由度が交差した形で応答するのが特徴です。

これらの研究に興味を持ち我々はトポロジカル超伝導体や超流動体でも類似の現象がないかを模索しました。その結果、図2にあるように、温度勾配によって軌道角運動量が誘起される、あるいは試料の力学的回転によって熱分極が発生するといった熱と力学的回転の間の交差相関応答を発見いたしました。これらの関係式の係数、すなわち交差相関応答にトポロジカル不変量が現れます。これらの結果は現象論的な解析によって得られましたが、本プロジェクトでは微視的な立場から、具体的な模型に基づき軌道角運動量を計算しております。これは表面状態にギャップを開け熱量子ホール状態にすることが重要ですがこのときの条件によってバルクのトポロジカル不変量と交差相関係数が一致する事が確かめられました。今後はより広いクラスの交差相関応答を調べて行きたいと思っております。

[1] K. Nomura, S. Ryu, A. Furusaki, N. Nagaosa, Phys. Rev. Lett. **108**, 026802 (2012).

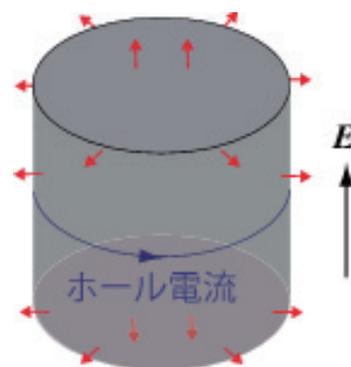


図1：トポロジカル絶縁体に電場をかけると表面に量子化ホール電流が流れる

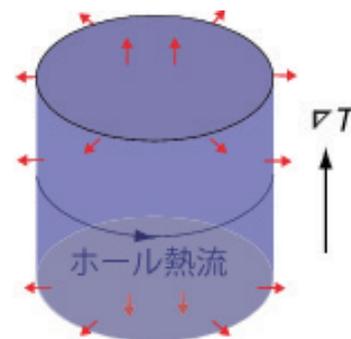


図2：トポロジカル超伝導体に温度勾配をかけると表面に量子化ホール熱流が流れる