第 15 回日本物理学会若手奨励賞を受賞して

元　量子物質研究グループ押川研究室（現　広島大学先進理工系科学研究科）　多田 靖啓

この度、第 15 回(2021 年)日本物理学会若手奨励賞(領域 6)を受賞する栄誉に恵まれました。共同研究者の押川正毅所員と押川研究室の博士課程学生(当時)だった Wenxing Nie さんをはじめとする、お世話になった方々に感謝申し上げたいと思います。

さて、今回の受賞対象となった研究は、「カイラル超流動体のもつ自発的な軌道角運動量はいかほどの値か？」という問題に関する理論的研究です。カイラル超流動体というのは、フェルミオンが 2 つずつクルクルと相対的に回転しながらペアを組んでいる状態ですので、系全体としてこの回転由来の軌道角運動量をもつだろうと期待できます。問題は、その軌道角運動量の大きさを明らかにせよ、というものです。この問題は古くて新しい問題で、もともとは 1970 年代の 3He におけるカイラル超流動状態の発見に関連して始まったのですが、2000 年代以降にトポロジカル超伝導との関連においてリバイバルがありました。非常にざっくり述べますと、1970 年代頃は、「フェルミオン対の相対回転(公転)は、ボソン粒子の自転とみなせるか」という点が重要な争点で、それぞれの視点に立脚した理論が乱立し、議論が発散気味だったように感じます。2000 年以降になると、BCS-BEC 量子相転移やエッジカレントという物理が広く認識されるようになり、理論的理解が大きく進展しました。例えば 2000 年～2010 年くらいに、トポロジカル性を考慮した非常に明快な理論計算がいくつか報告され、理論としてはほぼ収束したかのようにも思われました。一方で、こういった美しい計算はしばしば理想的な状況設定をしているので、そこから少し設定をいじった場合に、理論結果がどのように変更されうるのかについては注意が必要です。実際、一般に実験は理想的な状況とは異なる環境で行われるものであり、理論としてはそのズレについても考慮することが求められます。ただし、普通のバルク物性を議論するときにはこのズレの影響は小さいことが多く、そこまで考慮しなくてもよいことがほとんどです。それゆえ、この「バルク物理量の robustness」は暗黙のうちに仮定されることが多いと思います。

今回の私の研究は、このあたりの微妙な問題を含めて、カイラル超流動体の軌道角運動量を理論的に議論したものです。[1,2,3] その中で特に、「理想的な状況から少しだけ設定をいじると、軌道角運動量は非常に大きく変化しうる」ということを示しました。つまり、素朴に期待される「バルク物性としての軌道角運動量の robustness」は成り立ちません。これは一見すると直感に反する結果のように思われますが、学部レベルの教科書的な基本に立ち返って考察すると自然に導かれる結論です。もう少し詳しく述べると、カイラル超流動体の軌道角運動量に関しては、上述の暗黙の仮定についての前提条件(外場中での熱力学極限の存在)が成立しない、ということがその根本的理由です。論文で行った議論は非常に単純ですが、単純すぎるがゆえに意外と盲点で気が付くまでに随分と時間がかかってしまいました。

それにもかかわらず研究を遂行することができたのは、自由に研究をさせてくれた物性研究所の懐の深さのおかげだと感じています。また、この研究の途中で、頭脳循環という研究プログラムの一環としてドレスデン(ドイツ)にある Max Planck 研究所に長期滞在できたことは非常にありがたい経験でした。改めて、物性研究所や科学研究費などの研究環境に感謝を表したいと思います。そして、そのような環境への恩返しのためにも、今後とも微力ながら物理学の発展に貢献していきたいと考えています。

[1] Yasuhiro Tada, Wenxing Nie, and Masaki Oshikawa, “Orbital Angular Momentum and Spectral Flow in Two Dimensional Chiral Superfluids”, Phys. Rev. Lett.114, 195301 (2015).

[2] Yasuhiro Tada, “Non-thermodynamic nature of the orbital angular momentum in neutral fermionic superfluids”, Phys. Rev. B 97, 214523 (2018).

[3] 多田靖啓、「カイラル超流動体の軌道角運動量は何によって決まるか？」、日本物理学会誌74, 93 (2019).