

空間反転対称性の破れた電子系のトポロジカル相とマヨラナ・フェルミオン

藤本 聡 / 京都大学 大学院理学研究院物理学・宇宙物理学専攻 准教授

超伝導体で実現するトポロジカル相とマヨラナ・フェルミオンの理論研究を行っています。超伝導体におけるマヨラナ・フェルミオンは、重みの等しい電子と正孔の重ね合わせ状態であるゼロ・エネルギー・ボゴリューボフ準粒子として実現しますが、最も際立った特徴の一つは、これが従来のフェルミオンともボゾンとも異なり、非アーベル統計（非可換統計）と呼ばれる新しい量子統計に従うことです。非アーベル統計に従う粒子は、同一粒子の入れ替え操作が非可換であり、入れ替えの順番を変えると異なる量子状態が実現するという著しい性質を持ちます。この特徴を量子計算に応用することが提案されてから、その実現を目指して世界中で非常に活発な研究がなされています。

私達は数年前から、空間反転対称性のない超伝導体が、この目的を達成する上で非常に有望であることに着目し、現実の物質で、トポロジカル超伝導、マヨラナ・フェルミオンを実現するための方策、条件を探索してきました。近年、我々が提案したような反転対称性のない超伝導体におけるマヨラナ・フェルミオンの実験探索が、ナノ細線を用いて行われつつありますが、未だマヨラナ・フェルミオンの観測は確立していません。これを確立するための決定打となる実験は何なのか、理論サイドから提案していきたいと考えています。マヨラナ・フェルミオンはトポロジカル超伝導における輸送現象で主要な役割をし、非アーベル統計性も、その輸送特性に現れます。それゆえ、それが関与する特徴的な電磁気応答や熱応答を理論的に解明することは、この新奇現象を実験的に確立する上での基礎となる重要課題であり、私達はこれに精力的に取り組んでいます。

さらにまた最近、これまであまり注目されていなかった動的なゆらぎの関与するトポロジカル現象の理論探索にも取り組んでいます。例えば、カイラル超伝導体のように超伝導秩序変数によって、トポロジカルに非自明な構造が現れる系では、転移温度近傍で発達する超伝導ゆらぎがトポロジカルなゆらぎを伴い、新奇現象を生み出す可能性があります。これらのトポロジカル量子現象を、従来の固体電子系のみならず、光格子系において実現することも視野に入れて、実験グループとも協力しながら、本課題を推進していきたいと考えています。



ふじもと・さとし

大阪府出身。京都大学大学院理学研究科博士課程修了。同大助手、助教を経て現職。主に強相関電子系の新奇な超伝導、磁性、およびトポロジカルな量子現象に興味がある。