

## マヨラナ粒子の尻尾をつかめ！

物質を構成しているフェルミ粒子（電子・陽子・中性子）には、その相方となる反粒子が別の粒子として存在する。たとえば、電子の反粒子として陽電子が存在し、電子と陽電子は異なる粒子である。しかし「粒子と反粒子の区別がつかない」変わり種のフェルミ粒子が、理論的に予言されている。イタリアの科学者マヨラナ（E. Majorana）が1937年に存在を予言したマヨラナ型フェルミ粒子（マヨラナ粒子）である。予言から80年近く経ったいまでも、マヨラナ粒子はいまだ発見されていない「幻の粒子」である。

マヨラナ粒子はもともと、ニュートリノを記述するために提案された。標準模型では、ニュートリノは質量ゼロの粒子と反粒子が区別できるフェルミ粒子として取り扱われている。しかし、発見されたニュートリノ質量（今年のノーベル賞！）の小ささから、ニュートリノがマヨラナ粒子である可能性は高い。もしそうなら、二重ベータ崩壊に際してニュートリノが放出されない現象が観測されるはずだが、まだ観測例はなく、現在も実験研究が盛んに行われている。

意外なことに超伝導体のなかにも、マヨラナ粒子と同じふるまいをする状態が存在する。超伝導体は2つの電子がクーパー対を組んで凝縮している状態にある。超伝導体の

励起状態として、「電子」を1つ加える励起だけでなく、その反粒子にあたる「正孔」（ホール）を1つ加える励起も可能である。「正孔」はまわりのクーパー対から電子を1つ奪って対消滅し、「電子」を1つ残すことができる。また、その逆過程も可能である。つまり超伝導体中では、「電子」と「正孔」は互いに変換しあうことができる。このとき、粒子（電子）と反粒子（正孔）が区別できない状態が出現してもよい。実際にはマヨラナ粒子の出現にはいくつかの条件が必要だが、トポロジカル超伝導体とよばれる特殊な超伝導体の表面や渦糸中であれば、マヨラナ粒子が出現してもよいことがわかっている。このマヨラナ粒子は、超伝導体をもつ非自明なトポロジーによって保護されているため、外部からの擾乱に対して安定であり、粒子を交換するときに非可換統計に従うというおもしろい性質をもつ。マヨラナ粒子が出現する物理系は複数提案されており、実際にマヨラナ粒子を観測したという実験結果もいくつか報告されているが、詳しい検証はこれからである。

マヨラナ粒子はどんな形で発見されるだろうか？ 素粒子・原子核・物性の各分野で、熱い探索競争が続いている。

会誌編集委員会