

超伝導とマクロ系での量子現象

西村健太郎

慶應義塾大学理工学部物理学科 3 年

2015 年 12 月 5 日

1 はじめに

皆さんは超伝導と聞いて何を思い浮かべるだろう。抵抗なく電気を流せるもの。磁石を浮かせるもの。リニアモーターカーに使われているもの。超伝導は非常に不思議な性質を示すために、超伝導を学んだことがなくてもその特異な性質や(高温超伝導が実現されれば)工学的にも有効なものということは御存じだと思う。しかし、超伝導性を示す物質内で何が起きているかということを知っている方は少ないのではないだろうか。超伝導の歴史は 1911 年のカマリング・オネスによる発見に始まり、微視的理論である BCS 理論は 1957 年に発見された。超伝導の微視的理解後も超伝導は様々な物理を提供してきた。物性物理学と素粒子物理学を包含する基本概念である「自発的対称性の破れ」、従来の BCS 理論では理解できない「高温超伝導」や粒子間の相互作用が強くなるにつれ、超流動の性質が超伝導でよく知られた BCS 理論的なものから、超流動転移温度以上で形成された分子ボソンの BEC へと連続的に移行する「BCS-BEC クロスオーバー」など枚挙にいとまがない。工学分野から素粒子物理までさまざまな領域で重要な現象である超伝導の微視的理論を本講演では解説する。

2 講演内容

本講演では超伝導の微視的理論についての概観を述べることを試みる。まず、超伝導の基本性質について熱力学の観点から簡単に述べる。超伝導状態では”秩序”が生じていると上で述べたが、そもそも系が秩序を持つとはどのような状態か説明する。超伝導の秩序を担う電子の挙動について説明を行い、そしてフェルミ球が摂動に対して非常に”もろい”ことを理解するために統計力学の復習を兼ねて理想フェルミ気体を説明する。続いて、2つの電子が引力相互作用をするとき、真空中とフェルミ面直上では挙動が大きく異なることをシュレディンガー方程式を解くことで理解する。以上を踏まえて、超伝導の微視的理論である BCS 理論の説明を行う。BCS 理論とボースアインシュタイン凝縮との対応にも触れたいと考えている。

参考文献

- [1] 北孝文著：統計力学から理解する超伝導理論（臨時別冊・数理科学 SGC ライブラリ-101，サイエンス社，2013）
- [2] 大橋洋士：フェルミ粒子系超流動の物理 -BCS-BEC クロスオーバーと新しい物質科学- 物性研究 85-2 (2005-11)
<http://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/110363/1/KJ00004706738.pdf>
- [3] J.J. サクライ著，桜井明夫訳：現代の量子力学（下），第二版（吉岡書店，2015）

- [4] 上田正仁著：現代量子物理学-基礎と応用 (培風館，2004)
- [5] 青木秀夫：南部理論と物性物理学 日本物理学会誌，64，80 (2009) <http://cms.phys.s.u-tokyo.ac.jp/pdf/nambu09.pdf>
- [6] 御子柴宜夫，鈴木克生共著：超伝導物理入門 (培風館，1995)