

## 高温超伝導 : 新著紹介から20年

成清, 修  
九州大学大学院理学研究院物理学部門 : 准教授

<https://hdl.handle.net/2324/4402955>

---

出版情報 : pp. 1-, 2021-05-12  
バージョン :  
権利関係 :

# 高温超伝導

## － 新著紹介から 20 年 －

九州大学大学院 理学研究院 物理学部門  
成清 修

高温超伝導は BCS 理論で理解できることを確認する。

### 1 はじめに

九州大学の極低温実験室だよりに「量子臨界点のまわり」という解説[1]を 20 世紀の最後の年に書きました。そこでは、高温超伝導体の超伝導相より高温側の理解について当時の総括を行いました。まだ最終的な理解には達していませんでした。その後、理解は達成され、[1]から 20 年後の昨年、[2]にまとめました。

日本物理学会誌に超伝導の教科書の新著紹介[3]を 21 世紀の最初の年に書きました。そこに、20 世紀末の高温超伝導をめぐる状況を書き残しました。現在、それから 20 年が経ち、当時はまだ断言できなかったことを本解説で言い切りたいと思います。

是非、[3]の該当部分に目を通してから、以下にお進みください。

### 2 BCS 以外の新しい基本概念を必要としているであろうか

新著紹介[3]では、超伝導の理解において、BCS 理論がユニバーサルでロバストであることを強調しました。実際に高温超伝導が起きている状況では、次節に述べるようにフェルミ準粒子がシャープではなくなり、有効モデルによる数値的検証[4]に頼らざるをえませんが、フェルミ準粒子のペア形成という BCS の枠組みで高温超伝導は理解されます。[3]でも引用しましたが、長岡洋介の BCS とは Basic Concepts in Superconductivity であるという言明は現在まで

生き延びた[5]といえます。

### 3 如何なるフェルミ準粒子が超伝導を担っているのか

フェルミ流体論が基盤となってBCS理論は成功している訳ですが、フェルミ流体論が有効なのは、繰り込みをやりきってカットオフのエネルギーが十分に小さく取れる場合です。高温超伝導のメカニズムを論じるには、室温程度のカットオフしか取れないので、そもそもフェルミ流体論の描像がぼやけてしまいます。それでも比較的にコヒーレントに留まっている波数領域のフェルミ準粒子がペアを形成して超伝導相転移を起こし、BCSの枠組みは適用可能です。フェルミ面（そもそもフェルミ面がシャープに定義されませんが）近傍でも多くの波数領域がインコヒーレントになっていて、波数によってダンピングの程度が大きく異なります。このように（[2]でも述べたように）ペア形成を起こす前の電子状態は波数空間で大きな分布をもっており、それが、単純なフェルミ流体的挙動からの大きな逸脱に導いていたのでした。

### 4 おわりに

「非摂動の標準的な理論が教科書で紹介される見通しはあまりない」と[3]に書きましたが、これは中間結合的なすっきりしない状況の宿命のようです。フェルミ準粒子がシャープではない状況を扱わないといけないので、どうしても数値的な証拠しか示すことができません。しかし、数値的な証拠はBCSの枠組みで高温超伝導を理解できることを示しています。

### 参考文献

- [1] 九州大学学術情報リポジトリ <http://hdl.handle.net/2324/11048>
- [2] 九州大学学術情報リポジトリ <http://hdl.handle.net/2324/4061018>
- [3] 日本物理学会誌 56 巻 5 号 348 頁 (J-STAGE からダウンロードできます)
- [4] 文献は明示しませんが、検索するとたくさん見つかると思います。
- [5] Basic Concepts in Superconductivity というのは BCS を越えようとした P. W. Anderson の Frontiers in Physics シリーズの 2 冊のレクチャー・ノートのタイトルに重ねられています。