

量子臨界点のまわり : インコヒーレント金属

成清, 修
九州大学大学院理学研究院物理学部門

<https://hdl.handle.net/2324/4061018>

出版情報 : 2020-07-31
バージョン :
権利関係 :

量子臨界点のまわり

－ インコヒーレント金属 －

九州大学大学院 理学研究院 物理学部門

成清 修

高温超伝導体の金属相の諸物性はインコヒーレント金属と見ると理解できることを論じる。

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2000年に書いた。そこでは、当時の言い方に倣って、高温超伝導体の異常金属相をマージナル・フェルミ流体と呼んだ。今にして思えば、この言い方ではフェルミ流体寄りすぎる。フェルミ流体は、フェルミ面直上まで繰り込みをやり切った際に期待されるコヒーレントな金属なので、室温程度（局在スピン間の交換相互作用が 10^3K 程度なので、とても極低温とは言えない）の実験の説明には、そもそも使えない。繰り込み切れていないインコヒーレントな自由度を明示的に考慮する必要がある。[1]においても、スピンゆらぎのインコヒーレント成分の重要性を強調した。現在の著者の理解では、高温超伝導体の異常金属相はインコヒーレント金属と呼ぶべきと考える。

本解説では、[1]からインコヒーレント金属の方に向けた著者の論文の読書案内を行う。著者以外の文献については、それぞれの論文から迎えるものと思う。

以下の議論はすべて高温超伝導体の異常金属相（AM）を対象とする。

2 ラマン散乱

マージナル・フェルミ流体という呼称は、ラマン散乱においてコヒーレント

なピークが観測されないという実験結果を深刻に受け止めて提案された。ラマン散乱は電荷ゆらぎを見るものであるが、AMではスピンゆらぎの方が卓越している。スピンゆらぎのモードふたつから電荷ゆらぎのモードをひとつ作ることができるので、ラマン散乱の実験結果は、スピンゆらぎが既にインコヒーレントになっていることの証拠であった[2]。

3 中性子散乱

スピンゆらぎは中性子散乱で見ることができる。AMの初期の実験では、LSCOではコヒーレントなピークが見られるのに対し、YBCOではインコヒーレントなピークしか見えていなかった。これらは程度の問題であって、いずれもコヒーレントとインコヒーレントの成分を両方とも持っている。[3]で引用した中性子散乱実験の頃には、いずれでも両方とも見えるようになった。

AMにおいて“擬ギャップ”と称される現象は、スピンゆらぎのスペクトル強度のコヒーレント成分がインコヒーレント成分に移動しているのを見ていることになる。

4 電子スペクトル

中性子散乱で見えるインコヒーレント成分は、絶縁体相ではスピン波であったモードが、絶縁体にホールをドーピングして作ったAMでは、局在スピン間のコヒーレンスがホールによって乱されてインコヒーレントになったものである。この成分がスピンゆらぎのスペクトルに占める割合は大きく、相互作用の結果、電子のスペクトルに大きな影響を及ぼす。また、前述のスピンゆらぎのスペクトルにおける成分移動は、間接的に電子のスペクトルにも見られ、“擬ギャップ”的になる[3]。

5 ホール伝導度

AMのホール伝導度は激しく温度変化し、フェルミ流体論では説明することはできない。非フェルミ流体論の提案が様々になされたが、成功しなかった。失敗の理由は、コヒーレントな自由度の状態空間に留まり、新奇な準粒子を追求していることにあると著者は考える。無視されてきたインコヒーレントな自由度に活躍の場を与えれば、簡単に実験事実を説明することができる[4]。

6 おわりに

ホール伝導度の理解は、AMにおいて最後まで残された問題であった。それはコヒーレントな自由度のみに注目するという設定が不良だったためである。AMはインコヒーレント金属であると見切れば、問題は簡単に解決する。

AMはインコヒーレント金属と捉えるべきであると主張して、短い読書案内を終える。

参考文献

- [1] 成清：九州大学極低温実験室だより 1 (2000) 21.
- [2] Narikiyo：Physica C 267 (1996) 204.
- [3] Narikiyo：arXiv:0705.0255v2.
- [4] Narikiyo：International Journal of Modern Physics B 31 (2017) 1750112.