

湯川フェロー研究成果報告書

1. 氏名：吉井涼輔

2. 研究年度：2013 年度

3. 研究課題名：量子ドットにおける非断熱ポンプの理論研究

4. 研究実績の概要

本年度は A.量子ドット系における非断熱ポンピングの研究、B.量子ドット系における多体効果（近藤効果）に起因した非弾性過程についての研究、C.外場の下でのフェルミガス超流動における厳密解の解析、D.超伝導リングにおける時間並進対称性の自発的に破れた相の研究、を遂行した。以下にその概略を記す。

A. 量子ドット（擬 0 次元電子閉じ込め構造）の左右にリードにつないだ系を考え、左右のリードの化学ポテンシャルを周期的に変調した際に、パラメータ空間中のある幾何学的位相に起因した電流が生じ得る。この幾何学的位相の解析的表式を求め、この位相は量子ドット内の電子間相互作用により生じることを示した。また、このとき生じる電流、および電荷揺らぎについても解析的表式が得られた。

B. 量子多体効果の代表例である、近藤効果は元々は磁性不純物を含んだ金属系で提唱されたが、量子ドットをリードにつないだ系でも実現される。この近藤効果は、低温において局在したスピン（量子ドットのスピン）と伝導電子（リードの電子）のスピン遮蔽雲が多体状態を形成することにより生じる。この多体状態による非弾性散乱過程を検出するセットアップとして微小リングに量子ドットを埋め込んだ系を考えた。本年度の研究ではこの系での電気伝導度の公式を構築した。特に、近藤効果を特徴付ける温度である近藤温度よりも十分高い温度領域では具体的に電気伝導度の表式を求めた。

C. 量子多体効果のもう一つの代表例である超流動/超伝導について、外場の与える影響を調べた。超流動/超伝導を解析する際には平均場近似の下、超伝導秩序パラメータの満たすべき方程式と準粒子波動関数を決める方程式を自己無撞着に解く。通常、この解析には再帰的な計算が行われる。特に、外場のもとでは数値計算に頼るのが一般的である。しかし、本研究では Green 関数に適切な ansatz を置くことによって厳密解を求めることに成功している。

D. 対称性の自発的破れは物理学において重要な概念であり、例としては空間並進対称性の破れによる結晶相の出現が挙げられる。近年、時間並進対称性の破れた相の実現可能性が議論されており、いくつかモデルが提唱されているものの、いままでのところ否定されて

いる。我々は超伝導リングに磁場と磁束を印加することにより、超伝導秩序パラメータの位相と振幅が共に空間的に変調する相が安定化することを示し、この相が時間並進対称性を自発的に破っていることを示した。

5. 当該年度の発表論文リスト

(査読有)

1. Y. Komijani, R. Yoshii, I. Affleck,

“Interaction effects in Aharonov-Bohm-Kondo rings”

Phys. Rev. B **88**, 245104 (2013). (selected as an editor’s suggestion)

2. G. Marmorini, R. Yoshii, and M. Nitta,

“Analytic Self-Consistent Condensates in Quasi-1D Superfluid Fermi Gases in the Andreev Approximation”,

Journal of Low Temperature Physics (2013).

6. 次の所属機関：京都大学基礎物理学研究所

7. 「湯川フェロー」に関する感想・要望：湯川フェローに選んでいただき、感謝しております。奨学金の援けにより、研究に専心することができました。