



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Charge Redistribution Near the Surfaces of Superconductors [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Ezekiel Sambo Joshua
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13903号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78452
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Ezekiel_Sambo_Joshua_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 Joshua Ezekiel Sambo

	主 査	准教授	北 孝 文
審査担当者	副 査	教 授	根 本 幸 児
	副 査	教 授	小 田 研

学 位 論 文 題 名

Charge Redistribution Near the Surfaces of Superconductors
(超伝導体における表面電荷)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

電流が電気抵抗なしで流れる超伝導状態は、自発的対称性の破れた系の典型例であり、興味深い現象の宝庫である。しかし、超伝導電流に働くローレンツ力や超伝導体の帯電効果に関しては、国際的にもこれまであまり研究されてこなかった。それらの効果は、アンペールの法則に従う巨大な反磁性効果の背後に隠れ、見落とされてきたのである。実際、不均一な超伝導状態を理論的に記述するための標準的な枠組みである「ギンツブルグ-ランダウ方程式」（転移点近傍）や「準古典アイレンバーガー方程式」（全温度領域）には、ローレンツ力や帯電項が欠落しており、「超伝導電流にローレンツ力は作用しない・超伝導体では帯電は生じない」という非物理的な結論に導くのである。これらの方程式は、ゴルコフ方程式から変数消去により微視的に導出できることが知られている。しかしローレンツ力や帯電項は、導出過程で方程式のゲージ不変性を適切に取り扱い、微小量である準古典パラメータ δ に関する展開を一つ高次まで行って初めて顔を出す。さらに、準古典パラメータ δ に関する一次項の中には、磁気ローレンツ力に加えて、超伝導状態固有の帯電機構が存在することが指摘されている。一つは、「ペアポテンシャルの振幅が空間変化することによる力 (PPG 力)」、もう一つは、現象論的に議論されてきた「状態密度のエネルギー依存性から生じる力 (SDOS 力)」である。近年の研究により、これら三つの力を統一的に取り込んで、超伝導状態の帯電を微視的・定量的に議論することが可能になった。

この「拡張された準古典方程式」を解いて、「d 波超伝導体の表面における帯電効果」を理論的に研究したのが本論文である。具体的に、銅酸化物高温超伝導体などで実現されている「d 波超伝導体」を取り上げ、エネルギーギャップがゼロとなる「ノード方向」に切断してできる表面を考察した。その表面状態として、「ゼロ・エネルギー状態」が存在することがすでに明らかになっている。著者は、拡張された準古典方程式を、境界条件を適切に取り込んで数値的に解くことに成功した。そして、PPG 力と SDOS 力により、この表面に電荷が蓄積し、ゼロ・エネルギー状態に非対称性がもたらされることを明らかにした。つまり、ゼロ・エネルギー状態の非対称性により、帯電の有無が実験的に検証できることを示したのである。これは、実験家にとっての非常に有益な知見であり、新たな実験を刺激することが予想される。さらに筆者は、PPG 力と SDOS 力の相対的な大きさを定量的に明らかにし、SDOS 力の方が大きな帯電効果を持つことを示した。また、帯電の温度変化の詳細も明白になった。

このように、著者は、超伝導状態の表面における帯電効果を詳細に研究し、表面の帯電を実験的に捉える方法を理論的に提示した。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。