



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Microscopic Theory of the Flux-Flow Hall Effect in Type-II Superconductors [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	植木, 輝
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第12818号
Issue Date	2017-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/66501
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Hikaru_Ueki_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 植 木 輝

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

学 位 論 文 題 名

Microscopic Theory of the Flux-Flow Hall Effect in Type-II Superconductors

（第二種超伝導体における渦糸フローホール効果の微視的理論）

博士学位論文審査等の結果について（報告）

ホール効果は、磁場中を運動する荷電粒子の軌道がローレンツ力により曲げられ、金属や半導体の表面に電荷がたまって横電場が生じるという現象で、二次元電子系の量子ホール効果を典型例として、非常に活発な研究の舞台となってきた。超伝導体のホール効果に関する研究も、実験面で盛んに行われてきた。特に、銅酸化物高温超伝導体では、ホール係数の符号が温度・磁場の関数として反転する現象が1990年代に観測され、大きな注目を集めた。しかし、この現象に関する理論面での理解は得られていない。これには二つの要因が考えられる。第一に、超伝導体のホール効果は、非一様な「量子渦」の運動を伴う現象で、金属や半導体に比べて解析がはるかに難しい点が挙げられる。第二に、非一様な超伝導体を記述するのに標準的に用いられる「ギンツブルグ-ランダウ方程式」や「アイレンバーガー方程式」に、ホール効果の原因となる「ローレンツ力」が欠落している。「ローレンツ力」の効果は、超伝導体の持つ巨大な「反磁性効果」の背後に隠れて見落とされてきたのである。これらの理由から、超伝導体のホール効果の研究は、理論の未開拓分野として残されてきた。

本論文は、このような状況にある超伝導体のホール効果に、理論面での画期的な進展をもたらした。より具体的には、ローレンツ力を含む「拡張準古典方程式」を用いて、超伝導体のホール効果を第一原理的に解析する手法を開発し、ホール角の温度依存性を計算して、この現象が微視的に解析可能であることを世に知らしめたのである。一般に、電流が散逸なく流れる超伝導体のホール効果には、「熱平衡ホール効果」と「抵抗状態のホール効果」の二種類がある。第一の成果は、両者を理論的に簡便に計算できるように、実時間ケルディシュ形式で書かれた拡張準古典方程式を、虚時間松原形式に書き換えたことである。これにより、数値計算の時間を1/100程度に短縮することが可能になった。これは手法面での大きな成果と言える。第二に、この手法を用いて、磁場中の孤立量子渦状態と磁束格子状態の電荷と電場を現実的なフェルミ面とエネルギーギャップを用いて計算した。そして、ホール係数が大きな温度・磁場依存性を持ち、その符号が変化する可能性のあることを見出した。第三に、孤立量子渦が関与する抵抗状態のホール効果を線形応答理論で計算した。すでに述べたように、この現象には量子渦の運動が伴い、計算が非常に難しくなる。本論文では、交流外場に対する系の線形応答を見る手法を用いて孤立量子渦の運動を計算し、渦中心近傍での電荷分布、外部電流に対する渦の運動方向、縦電場と横電場の大きさの比（＝「ホール角」）の温度依存性を明らかにした。

これを要するに、著者は、超伝導体のホール効果を微視的・理論的に記述するための基礎を構築したのである。

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。