

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 仲澤 一輝

論 文 題 目 Theoretical study of charge and spin Hall transport  
induced by spin chirality (スピнкаイラリティーに誘起される  
電荷・スピホール輸送の理論的研究)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学大学院理学研究科	教授	理学博士	河野 浩
委員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	紺谷 浩
委員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	宮崎州正
委員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	理学博士	佐藤憲昭
委員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士(理学)	原田正康

## 論文審査の結果の要旨

別紙 1-2

電子の量子力学的な内部自由度であるスピンは、物質の磁性を考える上で不可欠なものである。一方、伝導電子の持つスピンの磁化と相互作用することで、多彩な輸送現象があらわれる。その一つに、スピнкаイラリティーによるホール効果がある。これは、磁化構造が非共面的な構造（スピнкаイラリティー）をもつときに無磁場下でも存在するホール効果で、トポロジカルホール効果と呼ばれている。

トポロジカルホール効果は、伝導電子が磁化との交換相互作用を通じて獲得するベリー位相による、有効磁場が誘起する現象であると一般に認識されている。この解釈は、伝導電子と磁化の相互作用が強く、伝導電子スピンの磁化構造に断熱的に追従する場合に成立する。このとき、伝導電子は局所的な磁化構造を「見る」ため、有効磁場は局所的な磁化構造で決まる。ところが、交換相互作用が弱い場合、あるいは磁化構造の空間変化が急激な場合には、スピンは断熱追従できなくなり（非断熱効果）、有効磁場と磁化構造の関係は非局所的になる可能性がある。

申請者は、連続的に空間変化する磁化構造の下で伝導電子が示すトポロジカルホール効果を、交換相互作用と磁化構造の波長の様々な領域で調べ、ホール伝導率の解析的な表式と物理的な描像を明らかにすることを目標に研究を行った。磁化構造を解析的に取り扱う方法として、(1) ゲージ場の方法、(2) 微小振幅の方法、(3) 交換相互作用の摂動、の3つの手法を領域に応じて効果的に使い分け解析を行った。

申請者はまず、磁化構造の波長が電子の平均自由行程よりも長い「拡散領域」におけるトポロジカルホール効果を調べ、強結合領域から弱結合領域までを(1)の方法で統一的に記述できることを示した。強結合領域ではゲージ場の断熱成分（ベリー位相に対応）による寄与が重要であるが、弱結合領域ではそれが非断熱成分（ベリー位相に含まれない効果）の一部と打ち消しあい、非断熱成分の電子拡散の効果を含む寄与のみが有限に残ることを示した。

申請者は次に、弱結合領域について(2)と(3)の方法でも解析を行い、電子スピンの拡散と歳差運動の関係で有効磁場の局所性が決まることを見出し、その物理的描像を明らかにした。とくに、有効磁場が局所的な領域におけるホール伝導度の表式は、弱強磁性体  $\text{Ce}_x\text{Ca}_{1-x}\text{MnO}_3$  の実験結果を定性的に説明することを示した。また、磁化構造の波長が電子の平均自由行程よりも短くなると、ホール伝導度の表式は一般には複雑になるが、スカーミオン格子という特定の磁化構造に対して、長波長から短波長までのホール伝導度の定性的振る舞いを明らかにした。

これらの結果は、結合定数と磁化構造の長さスケールという重要なパラメータに関してトポロジカルホール効果の全貌を明らかにするもので、理論的のみならず実験との関連でも高く評価できる。参考論文は、スピングラス系を対象に弱結合の拡散領域を初めて調べたもので、価値がある。以上の理由により、申請者は博士（理学）の学位を授与されるに相応しいと認められる。