

課題名 (タイトル) :

## 有限温度における異常 Hall 効果

利用者氏名 : 下出 敦夫

理研での所属研究室名 : 和光研究所 基幹研究所 物質機能創成研究領域 交差相関物性科学研究グループ  
交差相関理論研究チーム

## 1. 【目的】

1879 年, 非磁性体に電場と磁場をかけたとき, いずれにも垂直な向きに電圧が生じる, Hall 効果が発見された. 強磁性体においては, さらに磁化に比例する巨大な項が付け加わることも見いだされ, 異常 Hall 効果と呼ばれている. 前者は古典的な Lorentz 力によって理解できるが, 後者は凝縮系物理学の様々な問題を含んでおり, その起源について長い論争があった. 1 つは多バンド構造に由来する内因性機構, もう 1 つが不純物散乱に由来する外因性機構である. 最近これらを統一的に扱う枠組が完成し, どちらが支配的であるのか理解されたが, 有限温度における非弾性散乱の効果については未だによく分かっていない. 実験的には, 内因性機構は非弾性散乱に強いものに対し, 外因性機構は直ちに抑制されることが示唆されている. 本研究は両機構に対する非弾性散乱の影響を理論的に調べることを目的とした.

## 2. 【方法】

磁性合金を想定し, 内因性・外因性機構を両方も含むような不純物多バンドモデルを構成した. この Hamiltonian を実空間基底で対角化し, 久保公式を用いて縦伝導度と Hall 伝導度を計算した. 非弾性散乱については電子-フォノン相互作用による電子の自己エネルギーの虚部を有限の定数として現象論的に取り入れ, 不純物の配置について平均をとることで弾性散乱については厳密に取り扱った.

## 3. 【結果】

実験から提案されていた有限温度におけるスケールリングの経験則が数値的に成り立っていることを見出した (図 1). これは外因性・内因性機構を分離し, 抵抗率で見たときに外因性機構には非弾性散乱は寄与しないことを示すものである. 内因性機構は非弾性散乱に対して強いため, その

温度依存性は Fermi 分布のそれによってのみ決まる. 特に Berry 接続の共鳴条件を満たす場合には非常に大きな温度変化を示すことを見出した. 外因性機構の温度依存性は主に非弾性散乱のそれによって決まるが, 散乱の起源にまで遡って詳細に検討する必要がある.

## 4. 【結論】

有限温度の異常 Hall 効果に関して, 非弾性散乱の影響を数値的に調べ, 新たなスケールリング関係を見出した. 特に外因性・内因性機構の違いが有限温度で現れるということは重要な知見である.

## 5. 【今後の展望】

異常 Hall 効果は, 時間反転対称性を保ったスピン Hall 効果と密接に関連している. 最近 4f 電子系で大きなスピン Hall 角が現れるとの理論の提案があるが, このような系における電子間相互作用による非弾性散乱の影響は全く分かっていない. 絶対零度における巨大なスピン Hall 効果をいかに有限温度でも残すか, ということは高温, さらには室温で機能するスピントロニクスデバイスを提案する上で重要な課題である.

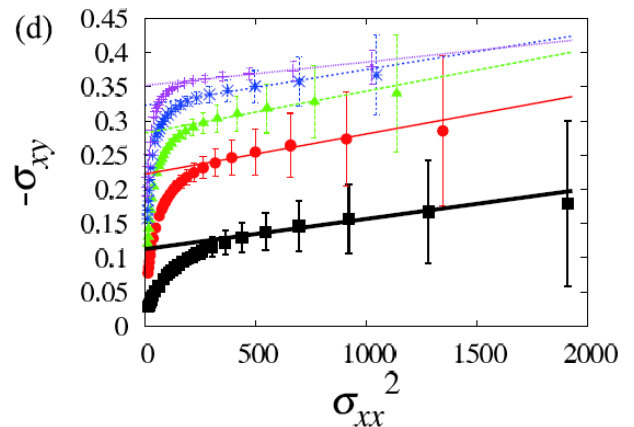


図 1: 有限温度における, 外因性・内因性機構を分けるスケールリング則.