

学位申請論文公開講演会

日時：1月26日(水) 10:00~

申請者：影山 健友

場所：理学館506講義室

題目：特異な磁気構造を持つ物質の異常ホール効果

(主論文の要旨)

FeやNiなどの強磁性金属では、磁場 H に比例する正常ホール効果に合わせて、自発磁化 M に起因する異常ホール効果が観測される。その全体のホール抵抗 ρ_H は現象論的に $\rho_H=R_0H+4\pi R_sM$ (R_0 :正常ホール係数、 R_s :異常ホール係数)と表される事が知られているが、異常項(右辺第2項)の大きさや温度変化が内部磁場の効果としては説明できないため、その真の起源について様々な議論がなされてきた。とりわけ、スピンと電子の運動を結びつけるスピン軌道相互作用が重要であるとして、KarplusとLuttingerによるバンドモデルや、Kondoによる局在モデルが提案されたが、これらのモデルでは説明できないホール抵抗の振舞がしばしば見られることを考えると異常ホール効果に関する統一的な理解が未だ得られているとは言いがたい。

従来のモデルで説明できない ρ_H を持つ物質の一つにパイロクロア型酸化物 $\text{Nd}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ がある。この物質に対して、カイラリティ χ (3つのスピン S_1, S_2, S_3 により $\chi=S_1\cdot(S_2\times S_3)$ と定義される)がホール抵抗に寄与するという提案が他グループでなされた。また、このカイラリティ機構は弱相関係のスピングラス状態に対しても適用され、カイラリティと磁化の結合による一様カイラリティがホール抵抗に寄与すると提案された。もし、これらのカイラリティ機構が実際の物質で働いていれば、興味深い。本論文では、異常ホール効果に対するカイラリティ及び一様カイラリティの機構が存在する可能性についてパイロクロア型酸化物 $\text{Nd}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ やスピネル型化合物、リエントラントスピングラス $\text{Fe}_{0.7}\text{Al}_{0.3}$ の ρ_H の測定結果を用い議論した。

$\text{Nd}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ は、温度を降下させるとキュリー温度 T_C (~93K)で Mo が強磁性に転移した後Ndモーメントが Mo の磁化と逆向きにそろろう。ホール抵抗 ρ_H は、 T_C 以下の比較的高温の領域で $\rho_H=R_0H+4\pi R_sM$ で説明できるが、Ndモーメントが揃い始める低温になるとこの式では説明しえなくなる。しかし、この振舞は、 Mo の磁化 M_{Mo} とNdの磁化 M_{Nd} を用いた $\rho_H=R_0H+4\pi R_sM_{\text{Mo}}+4\pi R_s'M_{\text{Nd}}$ で説明できることがわかった。 Mo サイトを不純物で置換した試料の ρ_H の振舞は、この系の ρ_H の異常項には2つの自由度があることを明瞭に支持する。 Mo 磁化による異常項は従来のバンドモデルを適用できる。しかしながら、Nd磁化による異常項は、Ndが伝導を担うサイトではないのでバンドモデルが適用できず、また最低温(~50mK)まで大きな値を持っているので、絶対零度で0になるはずの局在モデルでも説明できない。このことはこの起源が何かという問題が依然として残ることを意味している。一方、カイラリティ機構は、 Mo のカイラリティのみを考えているのでNd磁化に起因する項がなく、2つの自由度を考える我々のモデルとは大きく異なる。ここでは、中性子回折実験の結果提出された詳細な磁気構造の情報を利用して、そこから仮想磁束の磁場依存性を計算し実際の ρ_H の結果と比較した。その結果、両者が定性的に異なることがわかった。これは $\text{Nd}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ のホール抵抗がカイラリティ機構によって第一義的には決められていないことを示している。

リエントラントスピングラスである $\text{Fe}_{0.7}\text{Al}_{0.3}$ では、スピングラス転移温度 T_G 付近から以下の温度では降温の際に異常ホール係数 R_s の減少が見られた。この温度依存性は従来のバンドモデルや局在モデルで説明することはできないが、一様カイラリティによる ρ_H への寄与を考えると自然に説明できる。これは、この物質のスピングラス状態がカイラルグラス状態にあること示しているようである。