

審査の結果の要旨

氏名 赤澤 仁寿

本論文は、全18章からなり、絶縁体における熱ホール効果に着目し、3つの異なる磁性絶縁体に関する熱輸送測定の研究成果を報告している。第1, 2章で序論が述べられたのちに、第3～7章でカゴメ格子反強磁性体 Cd-kapellasite の熱ホール効果、第8～12章で磁気スキルミオンホスト物質 GaV₄Se₈ の熱ホール効果、第13～17章でキラル格子磁性体 CsCuCl₃ の非線形熱ホール効果について記述され、第18章で総括が記述されている。

序論の第1章では物質の持つトポロジーとそれによるトポロジカル現象について記述されたのちに、電荷中性励起のトポロジカル現象である熱ホール効果について記述され、本博士論文全体の目的について述べられている。第2章では本博士論文で用いられた熱輸送測定についての実験手法が記述されている。

第3～7章のカゴメ格子反強磁性体 Cd-kapellasite の熱ホール効果に関する研究では、磁気フラストレーションと量子スピン液体の研究についての紹介ののち、その研究例としてカゴメ格子反強磁性体の研究についての概要が述べられている。新しく発見されたカゴメ格子反強磁性体 Cd-kapellasite に着目し、その熱ホール効果の観測に成功している。特に、複数の試料における熱ホール効果の観測から、その熱ホール伝導率が縦熱伝導率に大きく依存し、熱ホール効果にはフォノンとスピンの両方の寄与が含まれることを明らかにした。さらに、スピン由来の熱ホール伝導率は試料の縦熱伝導率が小さい時には縦熱伝導率に依存しないが、大きくなると縦熱伝導率と正の相関を示すことを明らかにした。これは金属における異常ホール効果と同様の、内因的機構と外因的機構の両方が絶縁体の熱ホール効果にも存在する可能性を初めて示唆する研究成果である。

第8～12章の磁気スキルミオンホスト物質 GaV₄Se₈ の熱ホール効果に関する研究では、磁気スキルミオンの創発磁場の効果に着目した研究を報告している。磁気スキルミオン相が発見された強磁性絶縁体 GaV₄Se₈ の熱ホール測定から、磁気スキルミオン相においてのみ非常に明瞭な熱ホール効果が表れることを発見した。その温度依存性を理論計算と照らし合わせて解析し、磁気スキルミオン格子中におけるマグノン励起がトポロジカルに非自明な性質を獲得することによって現れるトポロジカル熱ホール効果が観測されていることを明らかにした。磁気スキルミオン格子によるマグノン励起に対する熱ホール効果を実験と理論の両方から初めて明らかにした研究で、高く評価できる。

第13～17章のキラル格子磁性体 CsCuCl₃ の非線形熱ホール効果に関する研究では、キラル磁性体の CsCuCl₃ の基本特性の説明ののちに、複数の試料における熱輸送測定の結果について報告されている。縦熱伝導率の温度依存性を解析することで、磁気秩序温度以下でスピンによる熱伝導率が明瞭に観測され、このスピン熱伝導が磁場による磁気転移によって大きく減少す

る実験結果について議論されている。特に、らせん軸方向に熱流を印可することで、非線形な熱流依存性を持つ熱ホール効果がゼロ磁場で観測されることを見出している。これはキラル構造由来の新しい熱輸送現象である可能性があり、今後の研究の大きな発展が期待できる。

第18章では、以上の結果をまとめて、本論文で得られた知見を総括している。

なお、第3～7章は下澤雅明、橘高俊一郎、榊原俊郎、大熊隆太郎、廣井善二、Hyun-Yong Lee、川島直輝、Jung Hoon Han、山下穰各氏との、第8～12章はHyun-Yong Lee、武田晃、藤間友理、徳永祐介、有馬孝尚、Jung Hoon Han、山下穰各氏との、第13～17章は下澤雅明、高阪勇輔、秋光純、井上克也、J. Zaccaro、I. Gautier-Luneau、D. Luneau、山下穰各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって、研究の計画、試料の測定、および測定結果の解析を行っており、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の磁性絶縁体における熱ホール効果の研究は、これまで金属特有の現象とされていたホール効果の研究を絶縁体に展開するきっかけを作った極めてオリジナリティの高い研究である。特に、熱ホール伝導率は電荷中性励起のもつトポロジカル効果を如実に反映した物理量であることを明らかにしており、今後の研究の大きな発展につながる可能性が期待できる。

以上の理由により、論文申請者に博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上1, 877字