

空間反転対称性が失われた磁性体では、隣り合うスピンの直交すると安定するジャロシンスキー守谷相互作用が存在し、これが交換相互作用と競合して空間的に変調されたスピン構造を作り出すことが起こり得る。ジャロシンスキー守谷相互作用に由来する磁気物性を発現する磁性体はしばしばカイラル磁性体と呼ばれる。ここではカイラル磁性体のうち、一軸性が強く、ある一方向に空間変調した磁気構造を安定相として実現するものをカイラルらせん磁性体と呼ぶ。その典型物質は Cr 化合物 CrNb_3S_6 である。2012 年この物質においてヘリカルな磁気構造が透過型ローレンツ電子顕微鏡によって観察されてから、カイラルらせん磁性体に関する研究が理論・実験両面から盛んに行われている。本博士論文はカイラルらせん磁性体の熱平衡状態とヒステリシスに関する理論研究をまとめたものである。

本論文は 5 章からなる。第 1 章は緒論である。この章で著者はカイラルらせん磁性体に関するこれまでの理論研究、実験研究について概観したのち、現時点で解決すべき問題を平衡状態とヒステリシスについてそれぞれ述べ、本論文の構成について述べている。

第 2 章ではカイラルらせん磁性体の理論模型と計算手法について述べられている。

第 3 章ではカイラルらせん磁性体を表す局在スピン模型に対して平均場近似を用いた場合の有限温度における熱平衡状態の性質について述べられている。相境界や相転移の回数に関する知見を含む相図や、常磁性相内における各種クロスオーバー線、一次転移における潜熱の大きさ、磁化の飛び、準安定限界線、一次転移における低温秩序相と高温一様相の界面エネルギー、低磁場高温領域での磁気構造に関する結果が述べられている。また平均場方程式に対する準安定解である孤立ソリトン解の性質についても述べられ、相転移の性質（転移の回数と、不安定型か核生成型か）と孤立ソリトンの性質（孤立ソリトンが存在するか否か、斥力ソリトンか引力ソリトンか）の関係についても論じられている。

第 4 章ではカイラルらせん磁性体で観測されているヒステリシスの機構としてソリトンに対する表面付近のエネルギー障壁(surface barrier)の理論が述べられ、磁気抵抗測定において観測されているヒステリシスとの関連が議論されている。またヒステリシスを生じる別の機構として、ソリトン格子の欠陥である磁壁の生成と構造に関する計算結果が述べられている。

第 5 章ではまとめと展望が述べられている。

本論文で得られた主な意義は以下の 2 点にある。有限温度における一次転移の有無は理論・実験両面において未解決問題の一つである。本論文では一次転移がある場合、その不連続性を平均場近似を用いて見積もった。エントロピーの不連続性は 1 ソリトン内の 1 スピンあたり、ボルツマン定数を単位として 0.016 程度であり、磁化の不連続性は飽和磁化の 1 % 程度であることを見出した。この結果は磁化測定の方が比熱の測定より一次転移の検

証に適していることを示しており、今後理論・実験両面で一次転移の有無を検証する際の指標になるという点において意義が認められる。

第二の意義は、大きなヒステリシスを示す磁気抵抗の磁場依存性の起源に関するものである。Cr 化合物では、熱力学的には低温では磁場誘起連続転移が期待されるものの、各辺がミクロン(μm)程度のサイズのサンプルの 10K における磁気抵抗測定の減磁過程で臨界磁場の 40% 付近の磁場で大きなヒステリシスが観測され、かつ大きな不連続性が高い再現性を持って観測されている。論文提出者はこの現象を(磁気構造の構成要素である)ソリトンに対する物質表面付近のエネルギー障壁が消失する現象であると解釈し、理論と実験結果の良い一致を持ってその根拠とした。磁気抵抗における大きな不連続性と同様な現象はその後磁化測定や磁気トルク測定においても観測されており、これらの実験結果をも説明しうる理論的説明を与え得る点に本論文の意義が認められる。

本論文 3 章の成果は、星野晋太郎氏、正木祐輔氏、Andrey Leonov 氏、岸根順一郎氏、加藤雄介との共同研究において得られたものであり、第 4 章の成果は正木祐輔氏、青木瑠也氏、戸川欣彦氏、加藤雄介との共同研究において得られたものである。これらの成果は論文提出者を第 1 著者とする 2 編の原著論文として投稿済みであり、1 編は投稿準備中である。いずれの成果も論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると審査委員会では判断した。

したがって審査委員会は博士(学術)の学位を授与できるものと認める。