

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	塚越 舜
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項・2 項該当		
論 文 題 目 キラル磁性体 RNi_3X_9 ($R=Dy, Yb, X=Ga, Al$)におけるらせん磁気秩序と異方性の競合 (Competition between helimagnetic order and magnetic anisotropy in chiral magnets RNi_3X_9 ($R = Dy, Yb, X = Ga, Al$))			
論文審査担当者 主 査 教 授 松 村 武 審査委員 教 授 野 原 実 審査委員 教 授 鬼 丸 孝 博 審査委員 教 授 井 上 克 也 審査委員 准教授 石 井 勲			
〔論文審査の要旨〕 鏡に写した構造と元の構造が重ならない特徴としてのキラリティは、生命現象や化学反応など自然界において様々な機能をもたらし、多くの場面で重要な働きを担っている。物質科学においても、物質の形態そのものが電子の運動の自由度を制御し、多様な機能をもたらすことが近年注目を集めている。たとえばキラルな結晶構造の中で電子スピンの配列する磁性体では、スピン配列を一方向にねじる働きを生み出す反対称相互作用が起源となって、キラル磁気ソリトン格子や磁気スキルミオン格子などの創発的な磁気秩序構造が形成されることがあり、そのミクロな機構解明が課題となっている。 本論文の著者は、希土類キラル金属磁性体の典型物質として着目される三方晶 RNi_3X_9 ($R=$ 希土類元素, $X=Al, Ga$)化合物の中で、低温で複数の相転移を示す $DyNi_3Ga_9$ に注目した。Dy イオンは大きな軌道角運動量($L=5$)と合成角運動量($J=15/2$)をもち、擬縮退した結晶場準位をもたらす電気四極子自由度によって、10 K で強制的四極子秩序と思われる相転移を示す。同時にらせん磁気秩序と思われる秩序波数も観測されているが、強制的四極子秩序とらせん磁気秩序とは相容れないはずであり、この詳細を明らかにすることでキラル磁性のミクロな機構に迫ることができると考えた。また、大きな結晶場分裂によって基底クラマース二重項だけで典型的なキラル磁性を発現させる $YbNi_3Al_9$ との対比にも意義を求めた。単結晶試料をフラックス法によって作製し、らせん磁性の観測としては先端的手法である円偏光共鳴 X 線回折を活用して研究を行った。(以上、第 1 章、第 2 章の内容)			

第3章で実験結果の詳細が述べられ、考察がなされている。まず、10 Kの転移温度直下の相が格子非整合らせん磁気秩序相であり、単一のらせんヘリシティが選択されていることが円偏光 X 線を使った観測で明瞭に示されている。次に、温度降下とともに格子整合らせん秩序に移ると、逆ヘリシティの混じりが生じてくることが示される。さらに温度が下がって強四極子秩序が達成されると、結晶構造が単斜晶に変わり、らせん秩序は消失し、傾角反強磁性秩序になることが示される。磁場反転を巧妙に利用した観測によって、温度変化でスピントロップが起きていることが明らかにされている。これら一連の観測結果をもとに、強四極子秩序によって生じる磁気異方性の発達とらせん磁気秩序との競合関係がどのように温度変化し、各相での秩序構造に影響してくるのか、ミクロな観点からの考察がなされている。また、基底クラマース二重項の波動関数が未解明であった典型物質の YbNi_3Al_9 についても、多結晶試料で行われた非弾性中性子散乱による結晶場励起の解析結果が述べられ、磁化率の温度依存性や磁化過程などの基礎物性をよく説明する波動関数を決定している。

以上のように、著者は、キラル磁性体 DyNi_3Ga_9 における格子非整合らせん磁気秩序から強四極子秩序による単斜晶および傾角反強磁性相への移り変わりを、円偏光を使った共鳴 X 線回折という先端的観測手法を駆使して明らかにした。この成果は、格子非整合らせん磁気秩序を形成するキラル磁性体においても、四極子秩序など他の秩序が優勢になった場合に、どのようにらせん秩序が失われていくかを示す貴重な実験結果であり、キラル磁性研究において重要な意義を与える。以上のことから、本論文の著者は博士（理学）の学位を授与するに十分な能力と実績を有するものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。