Osaka University Knowledge Archive

Title	A Study of the Chirality-Driven Anomalous Hall Effect in Canonical Spin Glass Systems
Author(s)	山中, 謙亮
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47701
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【87】

氏　　名	山　中　謙　亮（やま　なか　けん　すけ）
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学　位　記　番　号	第　２０８９６　号
学位授与年月日	平成 19 年３月 23 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 理学研究科宇宙地球科学専攻
学　位　論　文　名	A Study of the Chirality-Driven Anomalous Hall Effect in Canonical Spin Glass Systems （カノニカルスピングラスにおけるカイラリティ起源異常ホール効果の研究）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　河原崎修三 （副査） 教　授　菊池　　誠　　教　授　萩原　政幸　　教　授　川村　　光 助教授　谷口　年史

論　文　内　容　の　要　旨

川村により提案されたカイラル感受率測定を用いることで、カノニカルスピングラス（SG）における SG 転移のカイラリティ機構を直接的に検証した。

初めに、我々は、カノニカル SG $Au_{0.92}Fe_{0.08}$ とリエントラント SG $Au_{0.82}Fe_{0.18}$ の異常ホール係数 R_s の温度依存性を調べることで、カイラル感受率測定を試みた。$Au_{0.92}Fe_{0.08}$ の R_s の温度依存性において、SG 転移温度 T_g での極大と T_g 以下での冷却条件（ZFC、FC）による履歴が観測された。一方、$Au_{0.82}Fe_{0.18}$ の R_s の温度依存性は、リエントラント SG 転移温度 T_K で異常を示した。川村の SG 転移のカイラリティ機構の予測によれば、これらの結果はカノニカル SG の R_s にカイラル感受率が直接現れていることを示唆している。

次に、カノニカル SG $(Ag_{1-x}Au_x)_{0.9}Mn_{0.1}$（x＝0、0.007、0.03、0.05）の R_s の Dzyaloshinsky-Moriya（DM）異方性依存性を調べることで、カイラル感受率が実験で観測されるための条件を研究した。$Au_{0.92}Fe_{0.08}$ と同様に、T_g 以下の低温で ΔR_s がすべての試料で観測された。ここで、ΔR_s は ZFC 異常ホール係数と FC 異常ホール係数の値の間の差である。さらに、d＝0 の時、ΔR_s＝0 であり、ΔR_s は d に比例する。このような ΔR_s の振る舞いは、Tatara と Kawamura の理論的予測に一致しており、弱結合領域の chiral symmetry-breaking field が DM 異方性であることを強く示唆している。したがって、カノニカル SG のような弱結合領域においてカイラル感受率を観測するためには、系に DM 異方性が存在していなければならないことがわかる。

最後に、カノニカル SG $Au_{0.92}Mn_{0.08}$ の温度依存性と磁場依存性を調べることで、カノニカル SG の臨界現象を研究した。150G の弱磁場下での $Au_{0.92}Mn_{0.08}$ の R_s の温度依存性において、T_g での鋭いカスプと T_g 以下での冷却条件（ZFC、FC）による履歴が観測された。これらの結果は、カイラリティ機構の予測と一致し、T_g でカイラルグラス転移がおきていることを強く示唆している。また、$Au_{0.92}Mn_{0.08}$ の R_s は T_g において磁化の増加にともなって減少した。この観測は、R_s に磁化に対する負の非線形項が存在していることを示している。そこで、T_g でカイラルグラス転移がおきていると仮定し、カイラルグラス転移の臨界指数 δ_χ を T_g での R_s の磁化依存性から求めた。この値は、実験誤差の範囲内で SG 転移の臨界指数 δ の値に一致する。この結果は、カイラリティ機構の予測と一致し、SG 転移の秩序変数がカイラリティであることを強く示唆している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

山中謙亮氏は、１．代表的なランダム磁性体である希薄磁性合金スピングラス AuFe、AuMn、AgMn（カノニカルスピングラス）の精密ホール係数測定から、カイラリティ起源異常ホール効果の存在を明らかにした。２．カイラリティ起源異常ホール効果の出現には Dzialoshinsky-Moriya 磁気異方性が重要な役割をはたしていることを明らかにした。３．通常の手法を用いた磁気測定から求まる臨界指数の値と、異常ホール効果の測定から求まる臨界指数の値を比較し、スピングラス転移の秩序変数がスピンではなくカイラリティで構成される可能性が高いことを示した。

1. 金 Au、銀 Ag などの非磁性金属に鉄 Fe、マンガン Mn などが数%程度固溶した希薄磁性合金は、強磁性、反強磁性相互作用の混在による新たな磁性相“スピングラス”が最初に発見され、ランダム磁性体の典型例として最も多くの研究がなされてきた系であり、カノニカルスピングラスと呼ばれる。長年の研究にもかかわらず未解決の問題が数多く残されているが、これらを自然なかたちで説明可能なカイラリティ仮説が提唱された。カイラリティ χ_0 とは近接三スピンで構成される量であり、三スピンが右手系か左手系かでその符号を変える。

$$\chi_0=\overrightarrow{S_i}\cdot(\overrightarrow{S_j}\times\overrightarrow{S_k})$$

この量は多スピン量であるためその効果を実測することは困難とされてきたが、最近異常ホール係数にその可能性が指摘された。彼はスピングラス特有の履歴現象を考慮したホール抵抗率-磁化同時測定装置を開発し、カイラリティ起源異常ホール効果の測定に成功した。これは右手-左手系間の対称性が破れる相転移（カイラル対称性の破れ）が存在することを示した例であり大変意義深い。

2. 理論的にはカイラリティ起源異常ホール効果は、磁気異方性によりカイラリティ系の秩序がスピン系の秩序として現れた結果であると解釈される。彼はカノニカルスピングラスでカイラリティとスピンとを結びつける役割を担っていると考えられる Dzialoshinsky-Moriya 磁気異方性を系統的に変化させた試料（AgMn＋Au）を作製し、カイラリティの効果の磁気異方性依存性を測定した。その結果カイラリティ起源異常ホール効果は磁気異方性の大きさに強く依存し、磁気異方性が零の極限、つまり理想的なハイゼンベルグスピン系ではカイラリティ起源異常ホール効果が零になることを明らかにした。

3. 相転移を特徴づけるものとして臨界指数があるが、彼は秩序変数の共役場に対する応答を表す臨界指数 δ をスピン系およびカイラリティ系に対して求め、これらが実験誤差内で一致することを示した。これはスピングラス転移の真の秩序変数がカイラリティであることを強く支持する結果である。

上記のように、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。