

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2006-2008

課題番号：18540357

研究課題名 (和文) 時間分割中性子散乱法による非平衡スピン系の実時間追跡

研究課題名 (英文) Real time observation of non-equilibrium spin system by means of time resolved neutron scattering technique

研究代表者 元屋 清一郎 (MOTOYA KIYOICHIRO)

東京理科大学・理工学部・教授

研究者番号：60114683

研究成果の概要：「強磁性・反強磁性相関の空間的共存状態とその時間変化」の解明を磁化率・比熱などの巨視的測定と、中性子散乱測定により行なった。 $\text{Fe}_{65}(\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x)_{35}$ 系において強磁性的・反強磁性的磁気クラスターが空間的に分離して存在する事、強磁性的クラスターはその大きさに応じて順次強磁性ネットワークに吸収され消滅する事などが結論された。また、重い電子系物質 CeIr_3Si_2 において規則構造をもつ3次元磁性体では極めて異常な長時間磁気構造変化を検出した。この現象の解明を目指す研究は平成 21-23 年度基盤研究として採択された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,500,000	0	1,500,000
2007 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,400,000	570,000	3,970,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性 II

キーワード：スピングラス、中性子散乱、時間分割測定、非平衡系、スローダイナミクス

1. 研究開始当初の背景

磁氣的長時間緩和現象はスピングラスの重要な特徴の一つとして認識され多くの実験・理論的研究が行なわれてきた。しかし、その実験的研究は巨視的測定（熱残留磁化の時間変化等）に限られていた。本研究代表者らがこれまで行なってきた時間分割中性子小角散乱実験による磁気クラスターサイズの実時間観測に基づくスローダイナミック

スの研究は唯一の微視的機構解明を目指す実験的研究である。この手法は複雑・不規則系一般の重要課題である長時間緩和現象の研究にも新しい突破口を開くものであると考えた。更に、スピングラスに限らず従来磁性一般の研究において巨視的測定に基づく【磁気相図】が決定されれば、その詳細を積極的に追求する事はなされなかった。

本研究では乱れた系における異なる磁気相関の空間的共存・競合の重要性を示し、新たな研究分野開拓のきっかけとなる事を目指すものであった。

2. 研究の目的

本研究代表者はこれまで多くの高濃度スピニングラスにおいて見られるリエントラント転移やスピン波励起の異常には有限距離の強磁性的相関を持つ磁気クラスターの存在が本質的である事、またこれと強磁性ネットワークの共存状態の性質としてこれらの異常なふるまいが理解される事を示してきた。更にスローダイナミクスにもこの磁気クラスターが重要な役割を担っていることを推測し、時間分割中性子小角散乱法をはじめてスピニングラス研究に用いて外場変化後の磁気クラスターの時間発展の様子を実時間で追跡する実験を行ってきた。従来の研究による磁気相図に反して反強磁性的相関の磁気クラスターをも含む3種の異なる磁气的領域が共存する物質系

($\text{Fe}_{65}(\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x)_{35}$) を見いだした。更にこの系の母物質である Fe-Ni インバー合金においても単純な強磁性不規則合金としては説明不能で、異なる磁气的領域の共存を示す異常な磁気散乱を観測した。本研究ではこれらの異なる磁気相関を持つ領域の共存状態とそれぞれの領域内での磁気励起について明らかにする。次いで反強磁性クラスターの時間発展を時間分割測定によって実時間で追跡する。これらの実験結果と従来から行なっている時間分割中性子小角散乱実験による強磁性的相関領域に関する情報を総合する事により複数の磁气的領域の存在形態とその時間発展を捉える。これによりこれまで行なってきた一連の研究の総まとめとして異なる磁気相関の共存下におけるスローダ

イナミックスの全貌解明を目指す。

3. 研究の方法

これまでに強磁性・反強磁性相関領域の共存が確認されている系としては $\text{Fe}_{65}(\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x)_{35}$ 系がある。この系の母物質である $\text{Fe}_{65}\text{Ni}_{35}$ インバー型合金においても強磁性不規則合金としては異常な弱い反強磁性相関領域の共存を示す磁気散漫散乱が観測された。これらの系及び他の物質系を対象として異なる磁气的領域共存の静的性質（共存の様式）及び各領域内における磁気励起の特性を明らかにする。更に時間分割中性子散乱実験により各々の相関領域の時間発展を追跡する。

4. 研究成果

$\text{Fe}_{65}(\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x)_{35}$ 系における「強磁性・反強磁性相関の空間的共存状態とその時間変化」の解明を磁化率・比熱などの巨視的測定と、中性子散乱測定により行なった。その結果、強磁性的・反強磁性的磁気クラスターが空間的に分離して存在する事、強磁性的クラスターはその大きさに応じて順次強磁性ネットワークに吸収され消滅する事などが結論された。さらに偏極中性子散乱実験により反強磁性的磁気クラスターの磁気構造についての知見を得た。しかし、反強磁性的磁気クラスターの温度・磁場変化に対する時間変化は検出できなかった。本課題研究期間の終了間際に重い電子系物質 CeIr3Si2 において偶然スピニングラス物質での長時間緩和現象より格段に大きい中性子散乱強度の長時間変化を検出した。これは規則構造をもつ3次元磁性体では極めて異常な現象であり、多段階メタ磁性転移が示唆するように競合する磁気相互作用に起

因する現象と考えられる。これまで非平衡、不均一な系特有の現象と考えられてきた長時間緩和現象が3次元規則磁性体において観測されたのは初めてである。本研究課題の成果を踏まえて上記現象の解明を目指す研究は平成21-23年度基盤研究(C)「時間分割中性子散乱法による磁気秩序形成過程の実時間追跡」として採択されたので一層の発展に向けて努力する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

① Magnetic Field Dependence of Magnetic Clusters in the Random Magnet

$\text{Fe}_{65}(\text{Ni}_{0.78}\text{Mn}_{0.22})_{35}$, K. Motoya, Y. Muro and T. Igarashi, J. Phys. Soc. Jpn. **78** (2009) 054711-1--054711-5. 査読有り

② Antiferromagnetism and Crystalline Electric Field Effect of $\text{Ce}_2\text{Pt}_3\text{Si}_5$, Y. Muro, M. Nakano and K. Motoya. J. Phys. Soc. Jpn. **77** (2008) 124707-1--124707-5. 査読有り

③ Single-crystal study of new compound $\text{Ce}_2\text{Pt}_3\text{Si}_5$, Y. Muro, M. Nakano and K. Motoya, Physica B 403 (2008) 810-811. 査読有り

④ Easy-plane magnetocrystalline anisotropy in the multi-step metamagnet CeIr_3Si_2
K. Shigetoh, A. Ishida, Y. Ayabe, T. Onimaru, K. Umeo, Y. Muro, K. Motoya, M. Sera and T. Takabatake, Phys. Rev. B, **76** (2007) 184429-1 -- 6. 査読有り

⑤ Multi-step metamagnetism in CeIr_3Si_2 , Y. Muro, Y. Ohno, T. Okada and K. Motoya, J. Mag. Mag. Mater. **310** (2007) 389-390. 査読有り

⑥ Heavy-fermion behavior in a new Ce compound CeRh_2Si , Y. Muro, S. Takahashi, K. Sunahara, K. Motoya, M. Akatsu and N. Shirakawa, J. Mag. Mag. Mater. **310** (2007) e40-e41. 査読有り
[学会発表] (計 21 件)

① K. Motoya, Y. Muro and T. Takabatake, Real-Time Observation of Magnetic Structural Change in the Multistep Metamagnet CeIr_3Si_2 , International Conference on Neutron Scattering 2009, 2009-5-4, Knoxville, U.S.A.

② 元屋清一郎、室裕司、高島敏郎、多段メタ磁性体 CeIr_3Si_2 における磁気構造の長時間変化、日本物理学会、2009-3-28、立教大学(東京)

③ 元屋清一郎、室裕司、阿曾尚史、D. P. Belanger, パーコレーション濃度領域の $(\text{Fe}_x\text{Zn}_{1-x})\text{F}_2$ における磁気励起、日本物理学会、2008-3-23、近畿大学(大阪)

④ K. Motoya, Y. Muro and T. Igarashi, Magnetic Field Dependence of Magnetic Correlations in the Random Magnet, Third Seeheim Conference on Magnetism, 2007-8-30, Frankfurt, Germany

⑤ K. Shigetoh, A. Ishida, Y. Ayabe, T. Onimaru, K. Umeo, M. Sera, T. Takabatake, Y. Muro and K. Motoya, Magnetocrystalline anisotropy in the multi-step metamagnet CeIr_3Si_2 , International Conference of Strongly Correlated Electron Systems, 2007-5- ,

Houston, U.S.A.

⑥ Y. Muro, M. Nakano and K. Motoya,
Single-crystal study of new compound Ce₂Pt₃Si₅,
International Conference of Strongly Correlated
Electron Systems, 2007-5-, Houston, U.S.A.

⑦ 元屋清一郎、室裕司、五十嵐得也、
ランダム磁性体における異なる磁気相関の共存
とその磁場変化, 日本物理学会, 2007-3-18,
鹿児島大学 (鹿児島)

⑧ 室裕司、矢吹俊博、大野泰明、岡田崇、元屋
清一郎, CeIr₃Si₂ における多段メタ磁性転移,
日本物理学会, 2006-9-23, 千葉大学 (千葉)

⑨ Y. Muro, Y. Ohno, T. Okada and K. Motoya,
Multi-step metamagnetism in CeIr₃Si₂,
International Conference on Magnetism, 2006-8-21,
Kyoto, Japan

6. 研究組織

(1) 研究代表者

元屋 清一郎 (MOTOYA KIYOICHIRO)
東京理科大学・理工学部・教授
研究者番号: 60114683

(2) 研究分担者

室 裕司 (MURO YUJI)
東京理科大学・理工学部・助教
研究者番号: 50385530

(3) 連携研究者

なし