

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01 / 08 / 2026

専攻名(専門分野) Department	物理学及応用物理学	氏名 Name	池田凱	指導員 Advisor	勝藤拓郎 印 Seal
研究指導名 Research guidance	複雑量子物性研究	学籍番号 Student ID number	CD 5324A007 - 5		
研究題目 Title	$\text{Sm}_{1-x}\text{Gd}_x\text{TiO}_3$ の軌道ースピン相互作用				

1. 研究背景・目的

RTiO_3 (R=希土類)は GdFeO_3 歪みを伴うペロブスカイト構造をとり、 $\text{Ti}^{3+}(\text{d}^1)$ のスピン秩序が希土類元素Rのイオン半径の減少に伴って、SmとGdの間で反強磁性から強磁性に変化することが知られている。さらに、クーゲル・コムスキー相互作用から、反強磁性の場合は強的軌道秩序、強磁性の場合は反強的軌道秩序を示すと、理論的に考えられていた[1]。実験的には、磁気転移温度より高温から、反強磁性の場合は、 $da/dT < 0$ 、 $db/dT > 0$ 、強磁性の場合は、 $da/dT > 0$ 、 $db/dT < 0$ という歪の温度依存性が観測され、これらがそれぞれ強的軌道秩序、反強的軌道秩序に対応することが明らかになっている[2]。本研究では、特に相境界付近の試料における磁場下での歪測定から磁性と軌道状態の関連を調べた。

2. 実験方法

$\text{Sm}_{1-x}\text{Gd}_x\text{TiO}_3$ ($x=1.0, 0.6, 0.5, 0.4$) 単結晶試料は、 Sm_2O_3 、 Gd_2O_3 、 TiO_2 、 Ti を原料として化学量論比に基づき秤量、混合し、 $\text{Ar}+\text{H}_2 7\%$ 雰囲気下での Floating Zone 法によって作製した。これらの試料について、磁化測定、磁場下での歪測定、比熱測定を行った。

3. 実験結果・考察

図1に歪の温度依存性を示す。ゼロ磁場では、 $x=1.0$, 0.6(図1(a),(b))では反強的軌道秩序、 $x=0.4$ (図1(d))では強的軌道秩序に対応する歪の温度依存性が現れ、 $x=0.5$ (図1(c))では低温で歪の温度依存性がほぼない軌道無秩序状態が実現していた。磁場を印加すると、 $x=1.0, 0.6$ では反強的軌道秩序に対応する歪が増大、 $x=0.4$ では強的軌道秩序に対応する歪がほぼ消失したのに対して、 $x=0.5$ では軌道無秩序状態だった低温域で反強的軌道秩序に対応する歪が現れた。このことは、クーゲル・コムスキー相互作用により軌道無秩序状態に磁場を印加することによって反強的軌道秩序を誘起できることを意味している。

これらの結果は、平均場近似に基づいた最近接のTiのスピン相關の計算結果と定性的に一致していることが分かった。

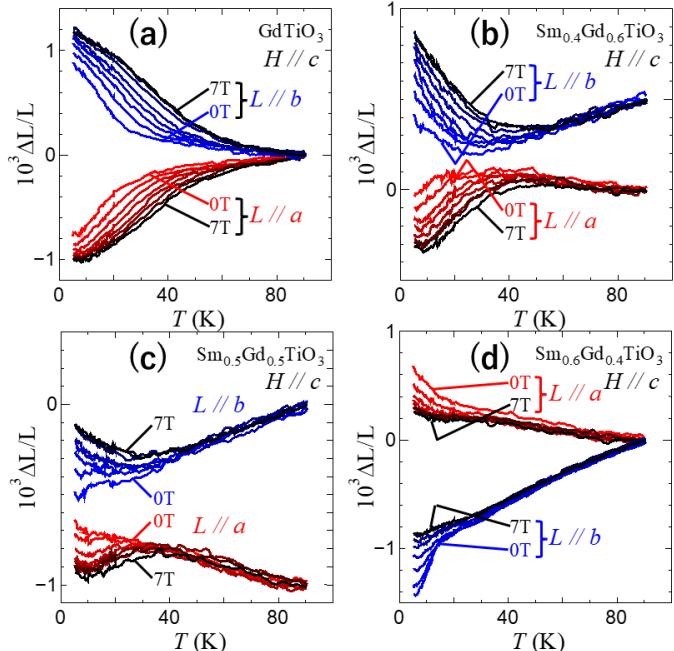


図1, $\text{Sm}_{1-x}\text{Gd}_x\text{TiO}_3$ の磁場下での歪測定結果 (a) $x=1.0$, (b) $x=0.6$, (c) $x=0.4$, (d) $x=0.5$

[1] M. Mochizuki and M. Imada, New J. Phys. **6**, 154 (2004).

[2] K Takubo et al., Phys Rev. B **82**, 020401(R) (2010).

【研究業績】

(1)[論文] D. Indo, T. Yoshinaga, M. Arizono, K. Takasu, T. Izaki, T. Shirasaki, H. Arai, H. Kuwahara, K. Akimoto, K. Ikeda, T. Katsufuji, and T. Okuda “Successive change from band insulating phase to spin-singlet dimer phase in the pseudobrookite titanate $\text{MgTi}_2\text{O}_5-\text{Ti}_3\text{O}_5$ system”, Phys. Rev. B **109**, 205138 (2024).

(2)[論文] K. Akimoto, K. Ikeda, T. Yoshida, K. Takasu, T. Izaki, T. Okuda, and T. Katsufuji “Photoinduced dynamics of Ti_2O_3 ”, Phys. Rev. B **110**, 155158 (2024).

(3)[講演] 池田凱他、「光学スペクトルから見た $\text{Mg}_{1-x}\text{Ti}_{2+x}\text{O}_5$ の二量体形成」、日本物理学会 2024 年秋季大会、北海道大学, 17aE307, 2024 年 9 月 17 日。

(4)[講演] 池田凱他、「 $\text{Sm}_{1-x}\text{Gd}_x\text{TiO}_3$ の軌道ースピン相互作用」、日本物理学会 2025 年秋季大会、広島大学, 19aSK110, 2025 年 9 月 19 日。

(5)[講演] 池田凱他、「 $\text{Sm}_{1-x}\text{Gd}_x\text{TiO}_3$ の軌道ースpins相互作用」、第 12 回 ZAIKEN Festa, A4.