

卒業論文概要書

Graduation Thesis Summary

Date of submission: 01 / 26 / 2026

所属学科 Department	物理学科	氏名 Name	池谷 陽太郎	学籍番号 Student ID number	1Y22A004-3
研究題目 Title	$\text{Yb}_{1-x}\text{Ca}_x\text{TiO}_3$ の軌道-スピン相互作用			指導教員 Advisor	勝藤 拓郎

1. 研究の背景と目的

RTiO_3 (R は 3 値の希土類)は GdFeO_3 構造をもつモット絶縁体であり、 $\text{Ti}^{3+}(\text{d}^1)$ が低温で磁気秩序を示す。希土類 R のイオン半径が小さい場合は強磁性、大きい場合は反強磁性になるが、このような磁気的性質は軌道秩序に支配されることが知られている[1]。軌道秩序は歪の温度依存性によって観測することができ、 $da/dT > 0$ かつ $db/dT < 0$ が強磁性(FM)/反強的軌道秩序(AFO)、 $da/dT < 0$ かつ $db/dT > 0$ が反強磁性(AFM)/強的軌道秩序(FO)に対応する[2]。磁場を印加すると、FM/AFO の場合には T_c における歪の変化が大きくなり、AFM/FO の場合には T_N における歪の変化が小さくなることが明らかになっていいる。

本研究では、 YbTiO_3 および Yb を一部 Ca に置換した試料に対して磁化と歪を測定することによって、磁性と軌道の関係を調べた。 Yb は R の中でもイオン半径が小さく、また 2 値でも比較的安定であるという特殊性がある。さらに Ca 置換により、モット絶縁体である母物質にホールをドープして金属化した場合の軌道秩序変化についても調べた。

2. 実験方法

$\text{Yb}_{1-x}\text{Ca}_x\text{TiO}_3$ ($x=0, 0.05, 0.1, 0.2$) の単結晶を FZ 法により作成し、粉末 X 線回折によって同定した。背面ラウエ法によって結晶方位を決定した後、SQUID によって磁化を測定し、歪ゲージによって歪を測定した。

3. 結果と考察

磁化測定の結果、 YbTiO_3 は a 軸に強い磁気異方性を持った FM であることがわかった。Ca ドーピングを行うと、キュリー温度は下がるが、異方性は保たれることができた。

YbTiO_3 の b 軸方向の歪の温度依存性を、 GdTiO_3 (FM/AFO)、 SmTiO_3 (AFM/FO) と比較して図 1 に示す。 YbTiO_3 は T_c 以下で $db/dT < 0$ (AFO)、 T_c 以上で $db/dT > 0$ (FO) というふるまいを示す。 Yb は Gd よりもイオン半径が小さく GdTiO_3 よりも FM/AFO 側にあり T_c 以上でも $db/dT < 0$ (AFO) である、という予想に反する結果である。

図 2 には歪の磁場依存性を示している。磁場をかけると歪の変化が大きくなるため、定性的には

FM/AFO の振舞と一致するが、磁場を大きくする際に歪が単調に増加せず一度小さくなるのは、先行研究における GdTiO_3 などの FM/AFO の振舞とは異なる。また、ホールドープされた試料では、母物質と比較して AFM/FO の方にシフトすることが分かった。

YbTiO_3 における歪の振舞は、低温においては FM/AFO であるものの、 T_c 以上の領域では AFM/FO 的なゆらぎが存在するものとして解釈できる。これは Yb のモーメントと Ti のモーメントの相互作用の結果であると考えられ、 Yb が完全には 3 値になっていないことに由来している可能性がある。

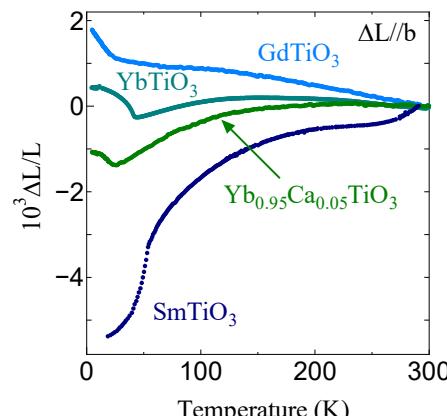


図 1. YbTiO_3 の歪の温度依存性

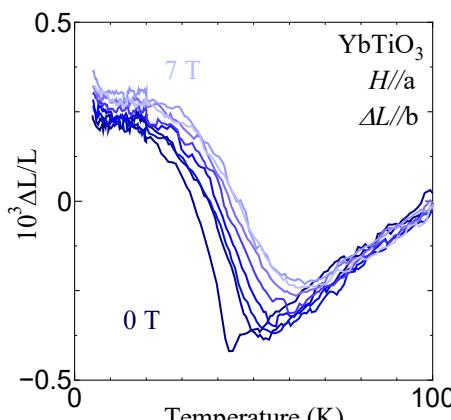


図 2. YbTiO_3 の歪の磁場依存性

1. M. Mochizuki and M. Imada, New J. Phys. **6**, 154 (2004).
2. K. Takubo *et al.*, Phys. Rev. B **82**, 020401(R) (2010).