

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	Yb _{1-x} Ca _x 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

RTiO₃(R は 3 価の希土類)は GdFeO₃ 構造をもつモット絶縁体であり、Ti³⁺(d¹)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)/反強軌道秩序(AFO)、 $da/dT < 0$ かつ $db/dT > 0$ が反強磁性(AFM)/強軌道秩序(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る。

本研究では、YbTiO₃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、磁性与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価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ピング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

Yb_{1-x}Ca_xTiO₃ (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、YbTiO₃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わかった。

YbTiO₃のb軸方向の歪の温度依存性を、GdTiO₃(FM/AFO)、SmTiO₃(AFM/FO)と比較して図1に示す。YbTiO₃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GdTiO₃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GdTiO₃などのFM/AFOの振舞とは異なる。また、ホールドーピングされた試料では、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。

YbTiO₃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価になっていないことに由来している可能性がある。

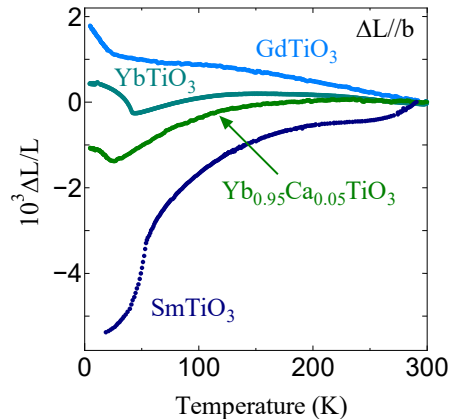


図 1. YbTiO₃の歪の温度依存性

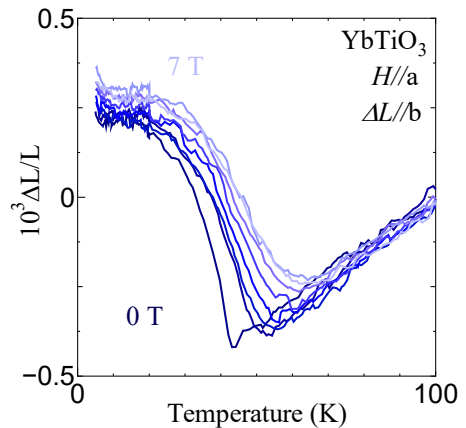


図 2. YbTiO₃の歪の磁場依存性

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