

# 修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01/07/2026

専攻名(専門分野) Department	物理学及応用物理学	氏名 Name	中野 瑞斗	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 5324A048 - 7		
研究題目 Title	$\text{FeV}_{2-x}\text{Al}_x\text{O}_4$ の軌道-スピン-歪結合				

## 【研究目的】

スピネル V 型  $\text{FeV}_2\text{O}_4$  は  $\text{Fe}^{2+}$  が  $e_g$  軌道に、 $\text{V}^{3+}$  は  $t_{2g}$  軌道にそれぞれ軌道自由度をもち、その軌道自由度により Jahn-Teller 歪を伴った逐次構造相転移を生じる[1]。Fe サイトを、軌道自由度を持たない  $\text{Co}^{2+}$  で希釈した  $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{V}_2\text{O}_4$  では、構造相転移が磁気秩序に伴って起こることが知られている[2]。

一方 V サイトを、非磁性イオンである  $\text{Al}^{3+}$  で置換した  $\text{FeAl}_2\text{O}_4$  は、幾何学的フラストレーションによって磁気秩序を生じず、Jahn-Teller イオンである  $\text{Fe}^{2+}$  を含むにも関わらず、構造相転移を起こさない[3]。

本研究では磁気秩序と Jahn-Teller 効果による構造相転移の関係を調べるために混晶系  $\text{FeV}_{2-x}\text{Al}_x\text{O}_4$  の研究を行った。

## 【研究目的】

$\text{FeV}_{2-x}\text{Al}_x\text{O}_4$  の単結晶試料は Fe,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$  を化学量論比で混合し、固相反応法で多結晶試料を作製した後、Floating Zone 法により作製した。試料評価として XRD を用い、背面ラウエ法により結晶軸を決定して切り出した。磁化測定では、[100]に平行に磁場をかけて行った。歪測定では、(001)面に歪ゲージを張り付け、[100]方向の歪を、[100]に平行及び垂直に磁場を印加して測定した。

## 【実験結果・考察】

磁化率測定による逆帯磁率と歪の温度依存性を重ねたグラフを図 1 に示す。フェリ磁性転移温度  $T_N$  は逆帯磁率の温度依存性のグラフの傾きが最大になる点で直線近似し、外挿によって求めた。歪の温度依存性のグラフでは  $x = 0.5, 1.0$  で異常が観測され、その温度を構造相転移温度  $T_S$  とした。これらの結果をもとに作成した相図を図 2 に示す。 $x \geq 0.5$  では  $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{V}_2\text{O}_4$  と同様に構造相転移が磁気秩序と同時に起こることが分かった。図 3 に  $x = 0.5$  と  $x = 1.5$  の磁場方向の歪の磁場依存性を示す。これらの結果をもとに、5T における磁場に平行方向と垂直方向の歪の差を温度に対してプロットしたグラフを図 4 に示す。Al をドープするにつれて 1 枝以上歪が小さくなることがわかる。 $x \leq 1.0$  では構造相転移によるドメインが磁場によって整列することによって歪が生じるが、 $x = 1.5$  では 0T で無秩序な方向を向いていたスピンが磁場をかけることで向きが

揃い、スピンと軌道の相互作用によって軌道の向きも揃うことで磁場方向に結晶が伸びていると考えられる。

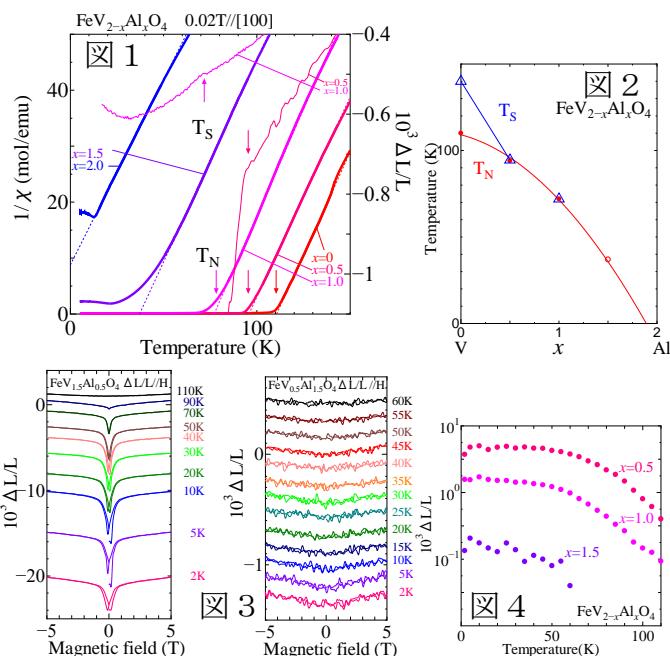


図 1. 逆帯磁率(太線)及び歪の温度依存性(細線)

図 2. 相図

図 3.  $x = 0.5, 1.5$  の歪の磁場依存性

図 4. 歪の磁場依存性から求めた歪の温度依存性

## 【参考文献】

- [1] T. Katsufuji *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 77, 053708 (2008).
- [2] M. Nakano *et al.*, Phys. Rev. Lett. 135, 186701(2025).
- [3] N. Tristan *et al.*, Phys. Rev. B 72, 174404(2005).

## 【研究業績】

- (1) [論文] M. Nakano *et al.*, Phys. Rev. Lett. 135, 186701(2025).
- (2) [講演] 中野瑞斗他、「スピネル型  $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{V}_2\text{O}_4$  の軌道-スピン-歪結合」、日本物理学会 2024 年秋季大会, 18pE304-5.
- (3) [講演] 中野瑞斗他、「 $\text{FeV}_{2-x}\text{Al}_x\text{O}_4$  の軌道-スピン-歪結合」、日本物理学会 2025 年秋季大会, 19aSK110-6.