

トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出
2018年度採択研究代表者

2020年度 年次報告書

塚崎 敦

東北大学 金属材料研究所
教授

トポロジカル機能界面の創出

§ 1. 研究成果の概要

今年度は、ハニカム格子のもたらす特徴的な磁気状態を将来的に界面素子として利用するための基盤技術の確立に取り組んだ。具体的には、イリジウムを酸素原子で取り囲む IrO_6 がハニカム格子を形成するイルメナイト構造を人工超格子構造で安定化させることに成功した。イリジウムのハニカム格子は、これまで単結晶や多結晶のバルクを用いて研究されてきた。イリジウムの他にも近年では、ルテニウムのハニカム格子を持つ $\alpha\text{-RuCl}_3$ がキタエフスピン液体の有力な候補として、光、磁気や熱などの物性で多角的に研究されている。一方で、将来的な信号生成や制御を行うための基盤となりうる薄膜素子の合成や検証実験の進展は遅れている。構成元素にリチウムや塩素を含むハニカム格子を薄膜化する場合には、組成の調整や格子の合成を満たす条件の調整が困難なためである。

イルメナイト型酸化物は、 ABO_3 (A と B は金属元素、 O は酸素元素、今回の研究では A を Mn 、 B を Ti または Ir) の組成式で記述される安定な物質群であるため、上記の問題を解決できると期待して着目した。パルスレーザー堆積法を用いて $\text{MnTiO}_3 / \text{Mn-Ir-O}$ 人工超格子を作製して高分解能走査型電子顕微鏡で原子配列を観測したところ、 IrO_6 ハニカム格子を保持するイルメナイト構造であることが確認された。 Mn-Ir-O のイルメナイト構造はバルクの合成も報告されていないため、今回の結果は、薄膜化技術を駆使することで人工的にハニカム格子を安定化させられることを実証したことに対応する。理論グループでは、 IrO_6 ハニカム格子を有するイルメナイト構造物質の電子構造を計算して、キタエフ型相互作用が支配的となる構成元素の組み合わせに指針を見出している。今後は、実験と理論グループとの協働研究をさらに加速させ、キタエフスピン液体に特徴的な磁気状態の観測や制御に取り組む。

§ 2. 研究実施体制

(1) 塚崎グループ

- ① 研究代表者: 塚崎 敦 (東北大学 金属材料研究所、教授)
- ② 研究項目
 - ・トポロジカル物質群の薄膜合成技術開発、界面形成とデバイス作製および各種物性評価
 - ・マヨラナ粒子観測の舞台となる薄膜・界面の基盤技術開拓
 - ・新規に合成した薄膜や界面のトポロジカル性の実験的検証

(2) 求グループ

- ① 主たる共同研究者: 求 幸年 (東京大学 大学院工学系研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・第一原理計算を用いたトポロジカル物質の探索およびヘテロ界面物性の理論予測
 - ・第一原理計算に立脚した現実的な理論モデルの構築とトポロジカル物性の開拓
 - ・大規模数値計算を用いた強相関トポロジカル相とそれを用いたヘテロ界面物性の探索

(3)野村グループ

① 主たる共同研究者:野村 健太郎 (東北大学 金属材料研究所、准教授)

② 研究項目

- ・量子異常、トポジカル場の理論に基づくトポジカル物性と新規機能の探索
- ・トポジカル物質の動的磁気輸送現象の理論構築
- ・磁性ディラック物質のスピン軌道結合による磁気伝導特性

【代表的な原著論文情報】

- 1, Stabilization of a honeycomb lattice of IrO_6 octahedra by formation of ilmenite-type superlattices in MnTiO_3 , K. Miura, K. Fujiwara, K. Nakayama, R. Ishikawa, N. Shibata, A. Tsukazaki, *Communications Materials* **1**, 55 (2020).