

トポロジー・磁性・スピントロニクス



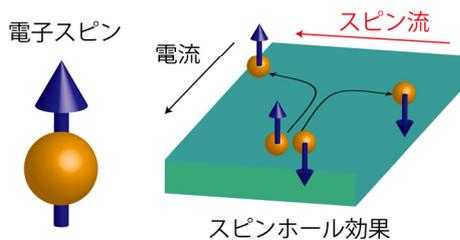
塩見雄毅 准教授

塩見 雄毅 准教授 Yuki Shiomi, Assoc. Prof.

塩見研では物質の磁氣的性質(磁性)・トポロジーに注目して、磁性体における物性物理学の実験研究を行っています。物質試料の合成から物性計測、数値計算による結果の解析まで一貫した研究を行うことで、世界で誰も見たことのない新現象の開拓に挑んでいます。永久磁石を代表例とする物質の磁性は、物性物理学において最も歴史の長い分野の一つであるに加えて、スピントロニクスとして応用物理学上も重要な分野です。新しい物理現象の開拓が実用にまでつながるような優れた研究成果を生み出すことを大きな目標にしています。



磁石



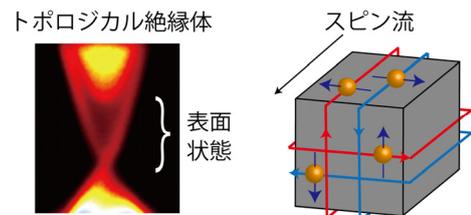
スピントロニクス効果

【磁石(磁性体)の応用と基礎】(上図)磁石の応用の例。(下図)電子スピンとスピントロニクス効果。電流により磁気の流れである「スピントロニクス」が生成される。

トポロジカル・スピントロニクスおよび 2D スピントロニクス

トポロジーは、もともと数学の一分野ですが、最近では物質科学の分野でも重要な概念であることが指摘されています。最も代表的な例が、トポロジカル絶縁体を始めとするトポロジカル物質です。トポロジカル物質においては、電子のスピン自由度と電荷自由度が強く結合しており、超高効率なスピントロニクス素子が実現可能であると言われています。スピントロニクスは固体中の電子が持つ電荷とスピンの両方の自由度を工学的に応用する分野であり、次世代エレクトロニクスの基盤技術として期待されています。我々は、トポロジカル物質のスピントロニクス応用に関して先駆的な成果をあげており、世界的にも評価されています。最近では遷移金属ダイカルコゲナイドのような層状構造をもつ2次元物質におけるトポロジカル現象にも着目し、輸送現象や光学応答の観点からスピントロニクス基礎研究を行っています。

物性物理学において、トポロジカル物質や2次元物質の積層によるファンデルワールスヘテロ接合超格子は世界的に盛んに研究されています。その中で我々は2次元物質において電子系のみならずスピン波(マグノン)におけるトポロジカル現象の開拓も世界に先駆けて達成しています。このように塩見研では幅広い視点から、トポロジカル・スピントロニクスおよび2Dスピントロニクスの研究を行っています。



【トポロジカル絶縁体】トポロジカル絶縁体の表面はスピントロニクスが流れており、スピントロニクス応用が期待される。

スピントロニクスと隣接分野の分野横断的研究

塩見研は、スピントロニクスと隣接分野との境界領域での研究も積極的に行っています。例えば最近では、CDなどで用いられている相変化記録技術との融合や、クリーンエネルギーである水素を用いたスピントロニクス機能変調を達成しています。

別の例としては、磁性を用いた新しい圧電効果である磁気圧電効果を発見した成果があります。そもそも圧電効果とは、

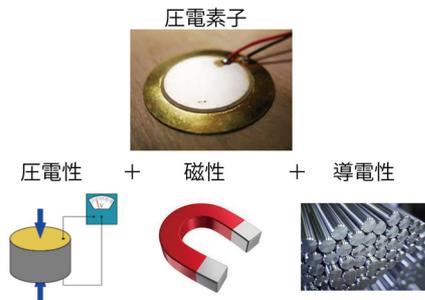
<https://yukishiomi.com/>

連絡先(電話番号は 03-5454-を最初に付ける)
准教授 塩見雄毅 16号館 622号室 TEL -6742

yukishiomi (at) g.ecc.u-tokyo.ac.jp

特定の種類の物質材料に圧力を加えて歪みを生じさせることで、電圧が発生する現象をいいます。圧電効果は電子機器にも広く利用されている重要な物理現象ですが、主流である圧電効果材料は有害な鉛を含んでおり、環境負荷の低減のために鉛フリーの圧電効果材料開発が熱望されています。

我々は、これまでの圧電効果研究で見逃されていた磁性金属に注目し、物理的に新しい圧電応答である磁気圧電効果を世界で初めて観測しました。物質材料が金属である場合には、圧電効果により生じた電気分極は、動き回る多量の電子により通常は打ち消されてしまいます。そのため金属材料は圧電効果を発現しないと考えられてきました。我々は物質の磁性を利用することでこの常識を打ち破り、鉛フリー圧電効果材料開発の新しい設計指針を提示しました。



【磁気圧電効果】磁気圧電効果を使うことで、圧電性・磁性・導電性を併せ持った複合機能材料が生まれる。

磁気圧電効果を用いれば、従来は圧電特性との共存が難しかった導電性と磁性を合わせ持った複合機能材料の開発が可能となり、スピントロニクス応用も期待されます。基礎物理学的にも、磁気圧電効果はトポロジーや奇パリティ多極子など最新の物性物理学における重要キーワードとも関連することが指摘されており、今後の研究発展に期待がもたれます。

その他(新物質の合成、接合試料の合成、数値計算解析)

塩見研では、学生の興味に応じて研究テーマを選択できます。例えば、主な実験手法として試料合成を行うか、物性計測を行うかの選択が可能です。試料合成においては、バルク物質試料、薄膜試料、ナノワイヤ試料などの新しい物質試料の合成を行い、磁気物性の研究やスピントロニクス応用を目指します。また、ファンデルワールスヘテロ接合などの手法により、超伝導体などのエキジチック物質と磁性体を接合した複合磁性体物質の開発も行っています。物性計測においては、磁気輸送現象測定、圧電効果測定、スピン流計測、磁気光学イメージング測定などが現在進行しているテーマです。

物性理論研究室との合同ミーティングや異分野の理論研究者との議論も活発に行っています。塩見研でも、計算用パソコンを用意し、バンド計算やマイクロマグネティクス計算による数値計算に基づく実験結果の解析も行っています。

塩見研は、各メンバーの興味や自主性を大切に、幅広い研究テーマを扱いたいと考えています。学生からの分野横断的な creative なアイデアも歓迎します。

主な原著論文

- 1) "Spin transport in a Berezinskii-Kosterlitz-Thouless magnet candidate $\text{BaNi}_2\text{V}_2\text{O}_8$ " K. Nakagawa, M. Kanega, T. Yokouchi, M. Sato, and Y. Shiomi, *Phys. Rev. Materials* **9**, L011401 (2025).
- 2) "Amorphous Ferromagnetic Metal in van der Waals Materials" S. Zhang, K. Harii, T. Yokouchi, S. Okayasu, and Y. Shiomi, *Adv. Electron. Mater.* **10**, 2300609 (2024).
- 3) "Giant Magnetochiral Anisotropy in Weyl-semimetal WTe_2 Induced by Diverging Berry Curvature", T. Yokouchi, Y. Ikeda, T. Morimoto, and Y. Shiomi, *Phys. Rev. Lett.* **130**, 136301 (2023). Editors' suggestion
- 4) "Trapping and manipulating skyrmions in two-dimensional films by surface acoustic waves", Y. Miyazaki, T. Yokouchi, and Y. Shiomi, *Sci. Rep.* **13**, 1922 (2023).
- 5) "Quantum oscillations from Fermi arc surface states in Cd_3As_2 submicron wires", Y. Miyazaki, T. Yokouchi, K. Shibata, Y. Chen, H. Arisawa, T. Mizoguchi, E. Saitoh, and Y. Shiomi, *Phys. Rev. Research* **4**, L022002 (2022).
- 6) "Enhancement of Current-Induced Out-of-Plane Spin Polarization by Heavy-Metal-Impurity Doping in Fe Thin Films", T. Yokouchi and Y. Shiomi, *Phys. Rev. Applied* **16**, 054001 (2021)

研究室のメンバー

修士課程 4 名, 博士課程 3 名 (出身大学: 東京大、東京科学大、東京理科大、早稲田大など)

学生へ一言

挑戦の連続である研究活動にまい進し、それがうまくいったときの喜びを一緒に味わいませんか。