

大学院教育支援機構 企業寄附奨学制度（DDD） 報告書

氏名	川金 立暉
研究科・専攻	工学研究科・機械理工学専攻
修士/博士・学年	修士 1 年
支援企業名	株式会社京都製作所

奨学金を得て行った研究の成果

京都製作所様のご支援の下、「磁気スキルミオンの集団的な運動特性の解明：スキルミオン転位欠陥の運動」に関する研究を進めてまいりました。以下にその概要と成果、および研究実績を示します。

1. 研究背景

磁性材料と呼ばれる磁石のような材料は、材料の中の「磁気モーメント」という磁化方向を表すベクトルによって、その性質が決定し、応用先もその性質に応じて様々である。例えば、強磁性とは、磁気モーメントの間にその向きを互いに平行に揃えようとする相互作用がはたらいて、磁場を与えなくても磁気モーメントが同じ向きに整列する性質を指し、強磁性材料はハードディスクドライブの磁気記録媒体として利用されている。

近年、磁気モーメントが形成する新奇な構造として「磁気スキルミオン」が発見され、特異な力学挙動に由来する工学応用可能性から注目を集めている[1]。磁気スキルミオンは材料中で集団として格子状に配列しており、格子中には転位などのスキルミオン格子欠陥が存在する[2]。このスキルミオンの集団的な特性を応用した例としてスキルミオン人工知能素子[3]が存在し、更なる精度向上に向けて、磁性材料中で集団としてのスキルミオンがどのような運動を行っているのかを解明することが求められている。ここで、結晶材料において転位がもたらす多様な外場応答特性を鑑みれば、スキルミオン格子における転位の外場応答がスキルミオンの集団的な運動を支配すると考えられるが、スキルミオン転位とその力学挙動に着目した研究例は少ない。そこで、私はスキルミオン転位のひずみ負荷に対する力学挙動を明らかにすることを目的とし、研究を行った。

2. 研究成果

まず、スキルミオン転位に対してせん断ひずみ負荷を与えた時、スキルミオン転位が横方向に移動することを観測した。原子系においても転位が横方向に移動する（すべり運動する）ことがわかっているが、スキルミオン系においてはスキルミオンという粒子の変形を伴いながら転位がすべり運動するという特異性が確認できた。

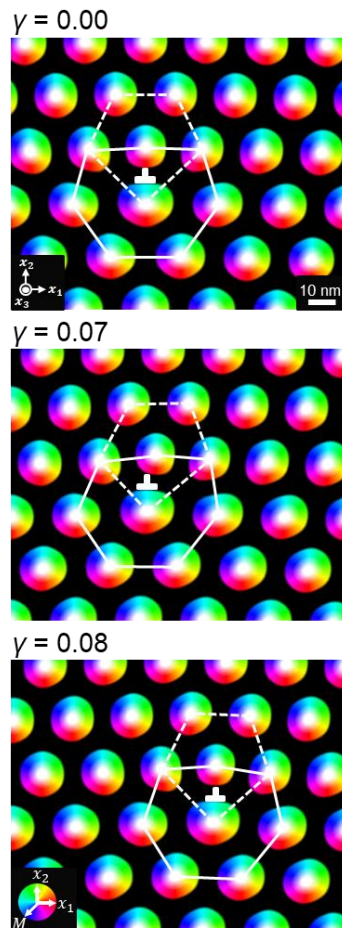


図 4 磁気スキルミオン転位のすべり運動

また、スキルミオン転位に対して圧縮・引張りずみ負荷を与えた時、スキルミオン転位が上下方向に移動することを観測した。原子系においても転位が上下方向に移動する（上昇運動する）ことがわかっているが、空孔を介さないと上下に移動できない一方、スキルミオン系においてはスキルミオンという粒子の合体・分裂を伴いながら転位が上昇運動するという特異性が確認できた。

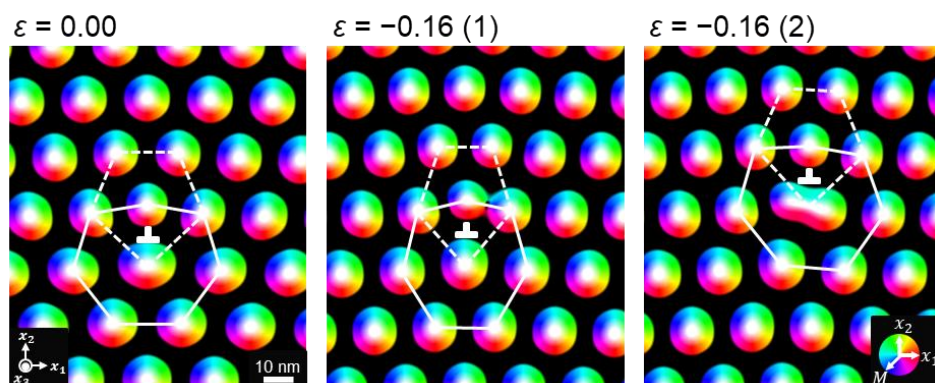


図 5 磁気スキルミオン転位の上昇運動

以上の結果から、スキルミオン転位の運動については網羅的に解明したと言え、スキルミオンの集団的な運動の解明に貢献すると考えている。

3. 研究実績

- 学会発表

日本材料学会主催の[第 9 回マルチスケール材料力学シンポジウム](#)で、本研究に関してポスタ

ー発表を行い、優秀学生講演賞を受賞した。

また、[Asia-Pacific Conference on Fracture and Strength 2024\(APCFS2024\)](#)に参加し口頭発表を行った。

- 論文執筆

現在、スキルミオン転位のすべり運動に関して論文執筆を進めている。その後、上昇運動についても論文を執筆しようと考えている。

引用文献

[1] S. Mühlbauer, et al., Science 323, 1166767 (2009).

[2] Z.-A. Li, et al. Nano Lett. 17, 1395–1401 (2017).

[3] Yokouchi, et al. Sci. Adv. 8, eabq5652 (2022).

産学協同の取組における成果

今回のプロジェクトでは、京都製作所様の社員の方々と話す機会を多く設けていただきました。まず、貴社の工場見学において、貴社が製造されている包装・梱包機器を実際に見学させていただきながら、お話の中で技術にかける想いを知ることができました。機械理工学を専攻している身としては、とても勉強になるお話でしたし、貴重な時間を過ごさせていただいたと感じております。また、食事会では、貴社が現在取り組まれている新規技術の紹介をしていただき、技術自体への興味はさることながら貴社の事業に対する関心もわきました。

また、貴社には他学生との交流の場もセッティングしていただき、横のつながりも形成することができました。他学生がどのような研究を行っているのか、将来どのような職について何をしていきたいのか、等様々な考えを知ることができ、自分の視野が広がったと実感しております。そういった場のご提供に対しても感謝申し上げます。

今後の展望

研究に関しては、「スキルミオン粒界」の運動について解明していくことを今後の目標としております。スキルミオン転位の運動については上記の研究で網羅的に解明しましたが、スキルミオン格子には転位以外にも粒界という欠陥が存在し、この粒界も運動することが実験的に観測されていますので、この運動のメカニズムを解明していきたいと考えております。

また学業以外では、弁理士の資格取得に向けた勉強を進めようと考えております。私は大学 1 回生の頃からアルバイトとして特許事務所に勤めており、そこで培った技術の知見と知的財産の知見を活かして、将来社会で活躍することを目指しております。そのためにも、弁理士の資格を持つことで自分の挑戦の幅を広げていきたいと考えておりますので、残り 1 年の学生生活において資格勉強を進めていきたいと思います。

最後に、この 1 年間で研究に没頭しつつ自分の将来について考えられたことは、京都製作所様のご支援によりアルバイトの時間を削減できたことが要因として大きいと感じております。改めまして、本プロジェクトに採択していただいたことに感謝申し上げます。