2024 年度

創発的研究支援事業　年次報告書【公開版】

研究担当者	金澤　直也
研究機関名	東京大学
所属部署名	生産技術研究所
役職名	准教授
研究課題名	新世代コンピューティング素子のためのスキルミオン物質基盤創成
研究実施期間	2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

研究成果の概要

急増する AI の電力・資源消費を抑えるには、トランジスタ中心のシリコン技術に代わる省エネ演算素子の物質科学的開発が必須である。本研究は、物質が示す自己組織化や非線形非平衡ダイナミクス、量子性を巧みに引き出し、スキルミオンなどナノ磁気粒子の特異なスピンテクスチャを計算資源として利用する非従来型コンピューティング用ハードウェアの基盤構築を目指す。

昨年度までに、FeSi において新しいトポロジカル表面状態を発見し、様々なスピントロニクス機能を実現した。特に、室温かつ磁場フリーの条件下における電流誘起の磁化スイッチング現象の発見や、ヘテロ接合界面における大面積の 2 次元スキルミオン状態の形成とトポロジカルスピン構造に由来した高次非線形ホール効果の発見は、MRAM といった不揮発性磁気メモリやリザバーコンピューティングへの実装可能性を示すことに繋がった。

今年度は、これらの多彩な物性機能を可能としてくれた FeSi トポロジカル強磁性状態の微視的起源の解明と表面機能の制御手法のさらなる開拓を行なった。具体的には、X 線円二色性測定によって FeSi トポロジカル表面のスピン・軌道磁気モーメントを独立に評価し、スピン軌道結合状態を直接観測した。スピンの寄与に対して 40%程度の巨大な軌道磁気モーメントが存在する一方で、磁気異方性には顕著な増大が見られないという特異性を明らかにした。また第一原理計算から表面バンドにおける d 軌道縮退が起源であり、歪みや配位子場による巨大異方性制御が可能であることを示した。また、イオン液体ゲート素子による電界効果や様々な単元素金属のヘテロ接合作製によって、磁気転移温度、磁気異方性、異常ホール効果といった表面強磁性状態を大きく変調できることを明らかにした。さらにスキルミオンの創発電磁場効果を最大化するため新しい物質開拓にも着手し、マイクロデバイス作製を実施し、次年度以降における研究基盤を整えた。