

2023 年度年次報告書

情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム

2022 年度採択研究代表者

湯川 英美

帝京大学 理工学部

准教授

スピントロニクスへの量子流体力学的アプローチ

研究成果の概要

本研究プロジェクトの目的は、冷却原子気体における非線形流体力学方程式を第二量子化することで、スピントロニクスデバイス中での非摂動的な量子揺らぎの大きさを定量的に評価する方法を確立し、スピントロニクスデバイスの制御性の向上と新奇な現象の発見をすることである。当初の2年目の計画では、1年目に導出した量子流体力学方程式を自己無撞着な形式にし、数値計算による量子揺らぎの評価を可能にすることと、スピントロニクスデバイスでスクイーズド状態を生成した場合、スピнкаレントの制御性が古典的な場合に比べてどの程度向上するか定量評価を行うことであった。研究拠点移動に伴う研究環境再構築と業務の増加のため、第二量子化された流体力学方程式は導出したが、自己無撞着な量子流体力学方程式の導出に関しては今後の課題として残されている。一方、スピントロニクスデバイスでの非古典的な量子状態の生成に関する研究では、スピン自由度をもつ冷却原子気体において、磁気的な過冷却と Bragg 過程を利用することにより、波数と磁気量子数の自由度が量子的にもつれた状態が生成されること発見した。数値シミュレーションを行うことにより、最大で 50 % 程度のスピンが量子もつれを形成すること、および、生成される状態が従来のタイプの純スピン流と異なり、量子揺らぎのレベルでチャージのカレントが流れない純スピン流を発生させる新奇な状態であることを示した。この成果を 2024 年 3 月に行われたアメリカ物理学会で口頭発表し、現在成果についての論文を執筆している。