

2023 年度年次報告書

量子・古典の異分野融合による共創型フロンティアの開拓

2023 年度採択研究代表者

小林 研介

東京大学 大学院理学系研究科

教授

量子スピン顕微鏡で切り拓く極限物性の探索

主たる共同研究者:

蘆田 祐人 (東京大学 大学院理学系研究科 准教授)

清水 克哉 (大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授)

## 研究成果の概要

初年度となる2023年度は今後の研究全体の基礎となる準備期間として重要であり、特に基盤強化に重点をおきながら研究を進め、以下の成果を得た。これらはいずれも今後の研究推進において重要な布石となる。(1) 量子スピン顕微鏡に用いるダイヤモンド基板におけるNV中心生成技術を蓄積した。(2) 顕微分光においてはダイヤモンドの屈折率に由来する光学収差を考慮することが必須となる。実験と数値シミュレーションにより最適なダイヤモンドの条件を求めた。(3) ACゼーマン効果を利用することによりNV中心の共鳴周波数付近に限定されずより広帯域にAC磁場を検出しイメージングする手法を開発した。NV中心におけるACゼーマン効果自体は実証されていたがイメージング測定への適用は本成果が初めてである。(4) 量子スピン顕微鏡の開発において超伝導における磁束量子は格好のベンチマークとなる。微小超伝導体における観測を行い、磁束量子の検出感度向上に資する技術的知見を得た。(5) 圧力下における磁場計測のためにNV中心含有ナノダイヤモンドを用いた圧力・磁場測定を行った。加圧下のNV中心のスペクトルが静水圧性にも敏感に反応することを利用して、加圧下の磁場イメージングに加えて、応力のイメージングを可能にした。(6) 低温かつ高圧下の量子センシングのために高圧力装置対応の冷凍機と組み合わせる光学系を作製した。(7) 六方晶窒化ホウ素(hBN)中のホウ素空孔欠陥はNV中心と異なる特色を有する新しい量子センサである。ヘリウムイオン注入を用いたセンサ形成手法の最適化を行った。(8) NV中心のスペクトルが温度を敏感に反映することを利用して、機械学習(ガウス過程回帰)を用いた温度推定手法を開発した。(9) 媒質中を伝搬する電磁波の固有値解析を行うための理論的手法を、開放系の知見を援用することで構築した。特に、ブロッホ理論を非エルミート系に拡張し一般化固有値問題を解くことに成功した。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Kensuke Ogawa, Shunsuke Nishimura, Kento Sasaki, and Kensuke Kobayashi, “Demonstration of highly sensitive wideband microwave sensing using ensemble nitrogen-vacancy centers”, *Applied Physics Letters* **123**, 214002 (2023).
- 2) Taro Sawada, Kazuki Sone, Ryusuke Hamazaki, Yuto Ashida, and Takahiro Sagawa, “Role of Topology in Relaxation of One-Dimensional Stochastic Processes”, *Physical Review Letters* **132**, 046602 (2024).
- 3) Kazuki Yokomizo, Taiki Yoda, and Yuto Ashida, “Non-Bloch band theory of generalized eigenvalue problems”, *Physical Review B* **109**, 115115 (2024).