

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

水落 憲和

京都大学 化学研究所
教授

生命現象解明のための高感度量子センシング顕微鏡開発研究

主たる共同研究者：

大木 出（量子科学技術研究開発機構 量子生命科学研究所 主任研究員）

朽尾 豪人（京都大学 大学院理学研究科 教授）

松崎 雄一郎（中央大学 理工学部 准教授）

研究成果の概要

2023 年度は、ダイヤモンド中の窒素-空孔中心(NV 中心)を用いた核磁気共鳴(NMR)測定装置の開発、核スピンの高分極化による信号強度増幅、新たな量子センシング手法開発のための理論解析、高品質ダイヤモンド材料作製と試料評価、及び生化学的、構造生物学的な解析を主に行った。

核スピンの高分極化研究においては、装置開発などを行い、核スピン信号強度が大幅に増大する結果を得ることができ、今後の高感度化に資する結果を得ることができた。

高品質ダイヤモンド材料作製と試料評価においては、比較的安定なターシャリーブチルホスフィンを用いてリンドープダイヤモンドの合成を行い、合成時の圧力などの合成条件を最適化することにより、不純物取り込みを抑制、制御することができた。ホスフィンを用いて合成した試料で報告された電子スピンのコヒーレンス時間(T_2)の室温における世界最長記録(2.4 ミリ秒)に匹敵する $T_2 = 2.23$ ミリ秒が得られ、今後の高感度化に資する結果を得ることができた。

多次元 NMR の導入に関する研究では、検出位相の変化をとまなう手法を、NV 中心を用いた NMR 計測に導入した。これにより、NV 中心を用いた NMR 計測において直交検波が可能となる。また、わずかな位相、振幅ずれによる誤差を修正する位相系手法を導入して補正を検証した。今後の多次元 NMR 計測の基盤技術として重要な実証を行うことができた。

NMR スペクトル線幅の先鋭化や安定化に関しては、静磁場発生装置の開発を行い、これまで我々が使用していた装置に比べ、NMR スペクトルの周波数分解能を向上させることができた。

量子センシング手法開発に関しては、連続光を用いた広帯域な AC 磁場センサの理論的な解析に取り組み、新たな知見を得ることができた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Ryusei Okaniwa, Takumi Mikawa, Yuichiro Matsuzaki, Tatsuma Yamaguchi, Rui Suzuki, Norio Tokuda, Hideyuki Watanabe, Norikazu Mizuochi, Kento Sasaki, Kensuke Kobayashi, Junko Ishi-Hayase, “Frequency-tunable magnetic field sensing using continuous-wave optically detected magnetic resonance with nitrogen-vacancy centers in diamond”, *Journal of Applied Physics* **135**, 044401 (2024).