

2023 年度年次報告書  
物質と情報の量子協奏  
2022 年度採択研究代表者

稲田 聡明

東京大学 素粒子物理国際研究センター  
助教

物性と時空の融合による新規量子アンプの実現

## 研究成果の概要

本研究計画では、物性系における超光速性の分散関係を駆使してブラックホール周囲の特異な物理過程を実現し、新規デバイスとして実用化を目指す研究を進めている。計画の最初のマイルストーンとして、既にデバイス設計やシミュレーションの進んでいるスピン波系においてアンプとしての動作検証を行うことが重要となる。今年度は幅約  $1\mu\text{m}$  狭窄構造を持つ permalloy サンプルを製作し、昨年度に構築した(i) vector network analyzer を用いた透過・反射測定系(周波数領域測定系)においてその特性を評価した。また spin transfer torque による群速度遅延を測定するための(ii) パルス電流源を用いた時間領域測定系の構築を進め、通常のリアルタイムオシロスコープで測定可能な大きさのドップラーシフトの観測に成功した。(i)及び(ii)はいずれも常温での測定系であり、目標とするホーキング温度と比較した物理温度による熱ノイズの影響を抑えるため、4K の低温テスト環境を実現するための GM 冷凍機及び測定系の立ち上げと動作確認も合わせて進めた。(ii)のパルス測定系では瞬間的な大電流や電位の変化に伴うデバイス破壊(発熱及び絶縁破壊)への対策に時間を要したが、サンプルの構造を設計から見直すことで現在では問題とならない水準に保つことができています。

2 つ目の系である超伝導回路系については、昨年度に引き続き数値計算や ANSYS-HFSS による有限要素シミュレーションでの動作検証を進めた。また SQUID アレイを構成する個々のユニットにおいてインダクタンスの変化を増大させる新規手法を提案し、現在その原理実証行うべくプロトタイプとなるデバイスの設計及び製作を進めている。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) "Detection of Hidden Photon Dark Matter Using the Direct Excitation of Transmon Qubits", Shion Chen, Hajime Fukuda, Toshiaki Inada, Takeo Moroi, Tatsumi Nitta, Thanaporn Sichanugrist, Phys. Rev. Lett. 131, 211001 (2023)
- 2) "Quantum Enhancement in Dark Matter Detection with Quantum Computation", Shion Chen, Hajime Fukuda, Toshiaki Inada, Takeo Moroi, Tatsumi Nitta, Thanaporn Sichanugrist, arXiv: 2311.10413, Physical Review Letters, under review.