

量子の状態制御と機能化
2018年度採択研究者

2020年度 年次報告書

中田 芳史

東京大学大学院工学系研究科
助教

持続可能な高度量子技術開発に向けた量子擬似ランダムネスの発展と応用

§ 1. 研究成果の概要

本研究は、量子擬似ランダムネスの理論発展及び量子情報処理への応用を目指すものである。量子擬似ランダムネスは量子系におけるランダムなダイナミクスを定式化したものであり、量子通信や量子計算、量子暗号、量子実験技術にわたって広く応用されている。その進展は、理論的・実験的ともに日進月歩の状況にあるが、その潮流を世界的にけん引し、更なる新展開へと結び付けていくことが本研究の最大のねらいである。

2020年度は特に、量子擬似ランダムネスを用いたノジー量子デバイスの検証手法について研究を行った。量子擬似ランダムネスを用いて量子デバイス上のノイズの強さを推定する手法は randomized benchmarking (RB) プロトコルとして知られており、既に超伝導量子系を初めとした数多くの量子実験系において用いられる標準的な実験手法となっている。しかし、従来のプロトコルでは、量子デバイス上の「ノイズの強さ」しか見積もることが出来ず、「ノイズの種類」や「ノイズ源」についての情報を得ることはできなかった。量子デバイスを改善するためにはノイズの詳細な情報を知ることが必要であるため、今年度はノイズの様々な特徴量を見積もることが可能な新プロトコルの提案を目指した。

研究の鍵は、「高次の」量子擬似ランダムネスである。従来のプロトコルは「低次の」量子擬似ランダムネスに基づくものであり、そのことがプロトコルの限界を決めていた。今年度はまず、高次の量子擬似ランダムネスを厳密に生成する方法を提案し、その方法を応用した新 RB 型プロトコルを提唱した。新プロトコルを用いることで、量子デバイス上のノイズの高次の特徴量を実験的に容易に見積もることができる。この理論提案に基づき、新 RB 型プロトコルを実際に超伝導量子デバイス上で実装し、超伝導量子デバイス上のノイズを特徴付けることにも成功した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Y. Nakata and M. Murao, “Generic Entanglement Entropy for Quantum States with Symmetry”, *Entropy* 2020, 22(6), 684.
- 2) Y. Nakata, T. Takayanagi, Y. Taki, K. Tamaoka, and Z. Wei, “New holographic generalization of entanglement entropy”, *Phys. Rev. D* **103**, 026005, 2021.