

革新的な量子情報処理技術基盤の創出  
2019 年度採択研究者

2020 年度  
年次報告書

鈴木 泰成

日本電信電話(株) セキュアプラットフォーム研究所  
研究員

ヘテロジニアスな設計と制御に基づく誤り耐性量子計算

## § 1. 研究成果の概要

2020年度は誤り耐性量子計算機の実現に向けて下記の研究を行った。表面符号と格子手術を用いた誤り耐性量子計算に関し、量子回路の基本的操作を格子手術の基本命令セットに翻訳するための手続きの一部、および、格子手術の基本操作を二次元格子上に割り当てられた物理量子ビットの操作に変換する手続きを実装した。翻訳された物理的な手続きについて逐次的な復号の性能を評価する基盤を構築した。こうして翻訳された物理操作は出来る限り実行時間が短くなるよう圧縮されるが、圧縮された操作群が誤り耐性を失っていないかを検証するためのチェッカおよび3D可視化用のソフトウェアも構築した。得られた評価基盤を用いて、誤り耐性量子計算の包括的な性能評価を行い、現状の技術での誤り訂正の性能を数値的に評価した。本研究で構築した枠組みを用いて、他研究機関との共同研究を通して複数の共同研究を行った。例として以下を行った。単一磁束量子の論理回路を用いて表面符号を低遅延かつ逐次的に復号する手法の開発と評価を行った。復号の結果として推定されたエラーを確率的に操作することで計算に含まれる誤りを保証する手法の開発を行った。昨年度開発した量子回路シミュレータ Qulacs の数値計算を高速化し、その高速化手法について論文にまとめた。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Yasunari Suzuki, Suguru Endo, Keisuke Fujii, Yuuki Tokunaga, Quantum error mitigation for fault-tolerant quantum computing, arxiv preprint arXiv:2010.03887
- 2) Kosuke Mitarai, Yasunari Suzuki, Wataru Mizukami, Yuya O. Nakagawa, Keisuke Fujii, Quadratic Clifford expansion for efficient benchmarking and initialization of variational quantum algorithms, arxiv preprint arXiv:2011.09927
- 3) Yasunari Suzuki, Yoshiaki Kawase, Yuya Masumura, Yuria Hiraga, Masahiro Nakadai, Jiabao Chen, Ken M. Nakanishi, Kosuke Mitarai, Ryosuke Imai, Shiro Tamiya, Takahiro Yamamoto, Tennin Yan, Toru Kawakubo, Yuya O. Nakagawa, Yohei Ibe, Youyuan Zhang, Hirotsugu Yamashita, Hikaru Yoshimura, Akihiro Hayashi, Keisuke Fujii, Qulacs: a fast and versatile quantum circuit simulator for research purpose, arxiv preprint arXiv:2011.13524
- 4) Yoshifumi Nakata, Da Zhao, Takayuki Okuda, Eiichi Bannai, Yasunari Suzuki, Shiro Tamiya, Kentaro Heya, Zhiguang Yan, Kun Zuo, Shuhei Tamate, Yutaka Tabuchi, Yasunobu Nakamura, Quantum circuits for exact unitary t-designs and applications to higher-order randomized benchmarking, arxiv preprint arXiv:2102.12617
- 5) Yosuke Ueno, Masaaki Kondo, Masamitsu Tanaka, Yasunari Suzuki, Yutaka Tabuchi, QECool: On-Line Quantum Error Correction with a Superconducting Decoder for Surface Code, arxiv preprint arXiv:2103.14209