

## テンソルネットワーク手法を用いた光量子計算

### Photonics quantum computing using tensor network

blueqat(株)<sup>1</sup>, 凸版印刷(株)DI 本部<sup>2</sup> °永井 隆太郎<sup>1</sup>, 友野 孝夫<sup>2</sup>, 湊 雄一郎<sup>1</sup>

blueqat inc.<sup>1</sup>, DI Div., TOPPAN<sup>2</sup>, °Ryutaro Nagai<sup>1</sup>, Takao Tomono<sup>2</sup>, Yuichiro Minato<sup>1</sup>

E-mail: nagai@blueqat.com

近年 NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum) デバイスと呼ばれる量子コンピュータを用いて、既存の古典コンピュータによるシミュレーションが困難な計算を行うこと (量子超越) が注目されている。現在、量子超越性を示した実験は 2019 年に Google [1]、2020 年に中国科学技術大学 [2] のグループによって報告されている。

報告された量子超越性の議論を通じて、テンソルネットワーク[3]と呼ばれる古典計算手法が注目された。この手法は量子状態を状態ベクトルとしてではなく、テンソル同士の結合(ネットワーク)として保持する。テンソルネットワーク手法を用いることで、従来の状態ベクトルを直接保持する計算手法を用いるよりも、大規模な量子系を古典コンピュータによってシミュレートすることが可能となる。実際に[1]で用いられた程度の規模の量子コンピュータは、その状態ベクトルを古典コンピュータで直接扱うのは非常に困難だが、テンソルネットワーク手法を用いることでシミュレーションを行った例が報告されている[4]。また量子コンピュータのシミュレーションに限らず、テンソルネットワークを用いて機械学習などの古典計算を、従来の手法よりも効率化する取り組みも行われている。

Qubit で表される Discrete Variable (DV) 系と比較して、[2] でも用いられている光量子計算に代表されるような、Continuous Variable (CV) 系へのテンソルネットワーク活用の例は少ない。よって本研究では、CV 光量子計算へのテンソルネットワーク手法の適用について述べる。また、テンソルネットワークで表現された CV 光量子計算の活用について議論する。

[1] Arute, Frank, et al. "Quantum supremacy using a programmable superconducting processor." *Nature* 574.7779 (2019): 505-510.

[2] Zhong, Han-Sen, et al. "Quantum computational advantage using photons." *Science* 370.6523 (2020): 1460-1463.

[3] Schollwöck, Ulrich. "The density-matrix renormalization group in the age of matrix product states." *Annals of physics* 326.1 (2011): 96-192.

[4] Pan, Feng, and Pan Zhang. "Simulating the Sycamore quantum supremacy circuits." *arXiv preprint arXiv:2103.03074* (2021).