

量子コンピュータによる機械学習アルゴリズムの現状

Current machine learning algorithms for quantum computers

阪大基礎工¹, 阪大 QIQB² °御手洗 光祐^{1,2}

Grad. School of Engineering Science, Osaka Univ.¹, QIQB, Osaka Univ.², °Kosuke Mitarai^{1,2}

E-mail: mitarai.kosuke.es@osaka-u.ac.jp

量子コンピュータは、特定のタスクを古典コンピュータよりも良い計算量スケーリングで解けることが知られている。素因数分解[1]や量子力学のシミュレーション[2]はそのようなタスクの中で最も有名であり、近年の見積もり[3]では、数百万～数千万量子ビットの集積化によって古典コンピュータでは解けなかった問題を解けるだろうと見積もられている。このような例に触発され、他にも様々な応用先が模索されている。

その一つが機械学習であり、これまで様々な量子機械学習アルゴリズムが提案されてきた。量子コンピュータの計算能力を機械学習に応用すると言ったとき、通常最も期待されるのは、大量のデータを高速に学習することである。しかし期待とは裏腹に、データ数に関して計算量を大幅に下げられる量子アルゴリズムは見つかっていない。量子コンピュータで大量のデータを処理するためには、そもそもそのデータを量子コンピュータに送り込む必要があり、少なくともデータ数に比例する計算量が避けられないことが最大のボトルネックとなっている。この時間を勘定に入れなければ、特定の条件下でデータ数に関して対数時間で学習ができるアルゴリズムはある[4]が、データ読み込みに関する問題について議論が続いているのが現状である。

そこで近年注目されているのが、量子コンピュータにしか扱えない機械学習モデルを作ろうという取り組み[5]である。機械学習モデルとは、あるデータ x が与えられたとき、その所望の性質を予測する関数 $f(x)$ のことを指す。この関数 $f(x)$ をデータに合致するように最適化することを学習と呼んでいる。通常の機械学習では、 $f(x)$ は古典コンピュータで現実的な時間内に計算できるような関数でなければならない。そうでなければ、 $f(x)$ を最適化することは困難である。一方で一般の関数 $f(x)$ の中には、量子コンピュータでは効率的に計算できるけれども、古典コンピュータでは扱えないものが存在する。例えば、 x が大きな合成数で、 $f(x)$ がその素因数を出力するようなものであるとき、 $f(x)$ は量子コンピュータでしか扱えないと信じられている。そのような $f(x)$ を機械学習モデルとして使えば、古典コンピュータでは不可能だった性能向上が可能かもしれない。

本講演では、量子コンピュータの最近の発展を概観するとともに、その機械学習への応用を目指す取り組みについて概論を述べる。

- [1] P. Shor, SIAM J.Sci.Statist.Comput. **26** 1484 (1997). [2] S. Lloyd, Science **273**, 1073-1078 (1996). [3] J. Lee, *et al.*, PRX Quantum **2**, 030305 (2021). [4] I. Kerenedish and A. Prakash, arXiv:1803.08675 (2016). [5] V. Havlíček, *et al.*, Nature **567**, 209-212 (2019).