

量子コンピュータを用いたニューラルネットワークの構築

竹井 優馬 福田 龍樹
北九州工業高等専門学校生産デザイン工学科

1. はじめに

近年、量子コンピュータ及び量子アルゴリズムについての研究が盛んにおこなわれている。量子コンピュータとは量子力学的な重ね合わせを用いて高度な並列性を得たコンピュータのことで素因数分解などの組み合わせ問題を従来のコンピュータより高速に解くことができる[1]。本研究では人工知能をはじめとした多くの分野で用いられているニューラルネットワークの構築に並列処理が得意な量子コンピュータを用いることによって従来のニューラルネットワークより効率的な処理を行えるようにすることを目標とする。

2. ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークとは人の脳のニューロンをコンピュータ上で模倣したものである。ニューラルネットワークは入力層、中間層、出力層に分類され各層は複数のノードによって構成される[2]。入力層からの入力は複数のノードに送られ、ノードは複数の入力に重みをもたせて計算し結果を出力層へ送る。ニューラルネットワークはこのように複数の入力に対して複数の演算を適用することによって画像のパターン認識などの複雑な処理も可能になる。現在広く用いられているのは中間層を複数の層を用いて構築したディープニューラルネットワークであり、機械学習をはじめとしたさまざまな分野で活用されている。

3. 量子コンピュータ

量子コンピュータとは光子をはじめとした量子がもつ、粒子であり波動でもあるという性質を用いて構成したコンピュータである。量子コンピュータは量子ゲートと量子ビットを用いて構成される。従来のコンピュータの素子は0か1のどちらかの値しか持ち得ないが、量子ビットは量子の揺らぎを用いることによって0と1が重なった状態を扱うことができる。その性質上、 n 量子ビットの量子コンピュータは 2 の n 乗の状態を瞬時に計算することができる。しかしながら、ただ計算するだけでは 2 の n 乗の値のどれか一つしか得ることができない。そのため量子コンピュータを使用するためには量子コンピュータ専用のアルゴリズムが必要となる。

4. 量子アルゴリズム

量子アルゴリズムとは前述のとおり量子コンピュータで計算するためのアルゴリズムである。量子アルゴリズムについての研究が行われたしたのは五十年ほど前か

ら[1]であるが、量子コンピュータで実行した際に確実に従来のコンピュータより少ない計算量で正しい答えを出せるとされる量子アルゴリズムは少ない。このようなアルゴリズムで代表的なものとしては Shor のアルゴリズムや Grover のアルゴリズムなどがあり、特に Grover のアルゴリズムは汎用的に使用できるものである。

Grover のアルゴリズムは一般的には探索アルゴリズムと言われ、整列されていない状態のデータに対して有効である。Grover のアルゴリズムは計算に量子振動増幅という手法を利用しており、従来のコンピュータでは $O(\sqrt{N})$ オーダーの計算量が必要とされるが、このアルゴリズムを用いて量子コンピュータで計算すると $O(\sqrt{N})$ オーダーの計算量で解を求めることができる。なお、 N は入力したデータの個数である。

Grover のアルゴリズムは線形探索という汎用性の高いものであるが、Shor のアルゴリズムを例としたその他の有効な量子アルゴリズムは使える場面が限られ、応用もしにくいものが多い。このように量子アルゴリズムが従来のアルゴリズムより明確に勝っている場面は限定されているため、新たな量子アルゴリズムの開発及び有効な量子アルゴリズムの応用の発見などが期待されている。

5. 今後への展望

これまで述べた通り、うまく量子アルゴリズムを組めれば n 量子ビットの量子コンピュータは 2 の n 乗の状態を瞬時に計算することができる。現在の技術ではそこまで高速に計算をすることは不可能であるが量子コンピュータは並列計算に長けており、大きなポテンシャルを秘めていることは間違いない。そのため広い分野で用いられているニューラルネットワークを量子コンピュータで構築することは無駄ではないと考える。

今後は実際に Python での量子コンピュータのシミュレータを用いたニューラルネットワークの構築とその性能評価及び性能向上の方法の考察を目標とする。

参考文献

- [1] Michael A.Nielsen, Isaac L.Chuang, 量子コンピュータと量子通信 1 —量子力学とコンピュータ化学—, オーム社, 2004年12月20日.
- [2] Francois Chollet, PythonとKerasによるディープラーニング, マイナビ出版, 2018年5月23日