

量子敵対的生成ネットワークを用いた画像生成プログラムの開発 ーQuantum GANで画像を作ろうー

1. 背景

機械学習の分野で生成モデルの1種である敵対的生成ネットワーク[1]は、画像の変化から他分野の応用に至るまで、画像生成の文脈で様々な用途で応用されている。例えば前者の例としては画像の高精度化[2]、後者の例は肝疾患の識別モデルの正答率を向上させるための画像データセット増幅[3]があげられる。

また、量子コンピュータは特定のタスクを古典コンピュータに比べて指数的に少ない空間計算量で達成できると知られている。機械学習はそのような計算量削減が達成できるタスクの1種で、量子コンピュータを用いた機械学習のアルゴリズム(量子敵対的生成ネットワークも含む)は既に提案されている。(QSVM[4]、Quantum GAN[5])

2. 目的

本プロジェクトでは、画像を量子状態にエンコードしたものを、量子敵対的生成ネットワークの1種であるQuantum Wasserstein GAN[7]に学習させて学習データと同じものを学習するプログラムを実装した。

本プロジェクトの目的は、量子コンピュータ上で実行される敵対的生成ネットワーク、通称量子敵対的生成ネットワークを用いることで、古典アルゴリズムに比べて少ない計算リソースで画像生成を行うことである。

3. ソフトウェア開発内容

本プロジェクトの成果は以下のような機能を有したWebアプリである。各プロセスについて簡潔に解説する。

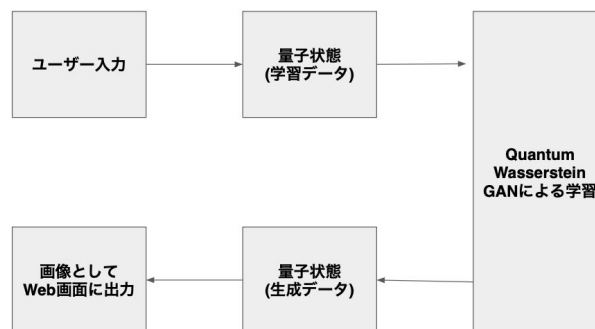


図1 アプリケーションのアーキテクチャ

3.1 ユーザー入力

入力は以下の画面で各ピクセル値(グレースケール0~255)を指定した。
 なお、入力画像は4x4の正方形にした。

Quantum Wasserstein GAN

0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
送信			

図2 入力画面

3.2 量子画像表現

画像から量子状態へのエンコードはFlexible Representation of Quantum Image(FRQI)という手法を使用した。Flexible Representation of Quantum ImagesはピクセルのX座標、Y座標、色の情報をそれぞれ別のレジスタで表現する。そして、各ピクセルの情報(X座標、Y座標、色)を重ね合わせ状態で表現する。なお、x座標、y座標の長さをnとする時、x座標、y座標、色の表現に必要な量子ビット数はそれぞれ $\log_2 n$ 個、 $\log_2 n$ 個、1個の合計 $2\log_2 n$ 個量子ビットが必要になる。

Flexible Representation of Quantum Images

各ピクセルの位置と色の情報を重ね合わせで表す、量子画像表現(Le et al., (2011))

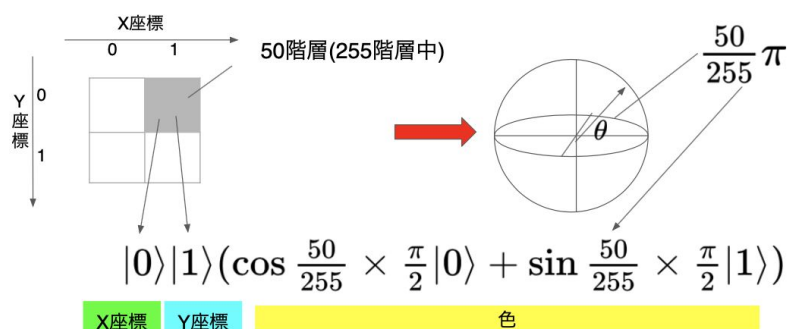


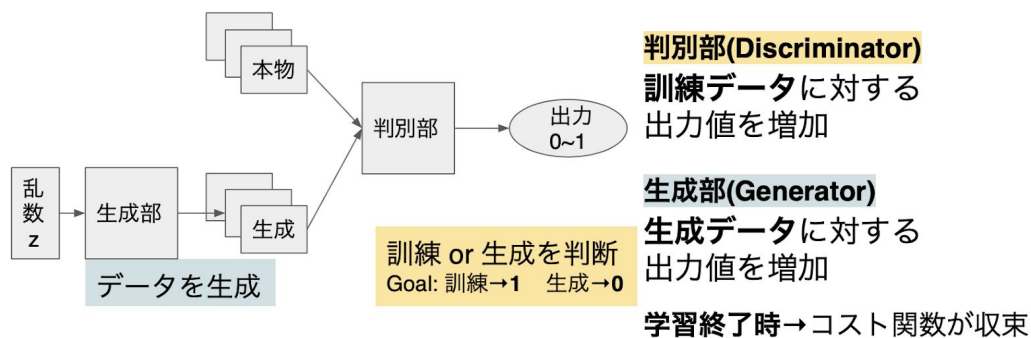
図3 Flexible Representation of Quantum Imageの説明

3.3 敵対的生成ネットワーク

敵対的生成ネットワークは学習データ、データを生成する生成部、そして入力(学習データか生成データ)が学習データかどうか判別する判別部の3つの部分で構成されている。(次ページの図参照)

本モデルの学習は判別部と生成部のパラメータを更新を指し、学習データの確率分布のコスト関数の値と生成データの確率分布のコスト関数の値が収束するまで行われる。

敵対的生成ネットワーク



画像出典: <https://www.imagine.co.jp/gan> : 敵対的生成ネットワークとは何か?E3%80%80~「教師/

図4 敵対的生成ネットワークの説明

3.4 Quantum Wasserstein GANによる学習

Wasserstein GANとは、敵対的生成ネットワークの1種で、学習データの確率分布と生成データの確率分布間のWasserstein計量(確率分布間の距離を表す指標の1種)とするアルゴリズムである、Quantum Wasserstein GANとは、論文中で定義された学習データの量子状態と生成される量子状態間のWasserstein距離を0にすることで、学習データと同じ量子状態を生成する量子生成機械学習モデルである。

4. 新規性・優位性

本プロジェクトの新規性は量子敵対的生成ネットワークを、通常の敵対的生成ネットワーク応用先の画像生成に応用した点である。また、次ページのグラフが示す通り、通常の敵対的生成ネットワークを用いた画像生成に比べて使用する計算リソースが少ないことが挙げられる。

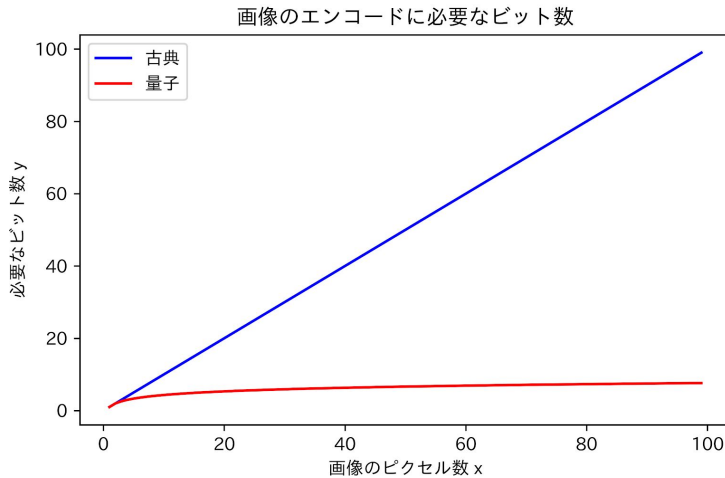


図5 通常的手法と本手法で使用する計算リソースの比較

5. 期待されるユーザー価値と社会へのインパクト

本開発物は量子機械学習に関心がある人を対象にした、量子敵対的生成ネットワークでの画像生成を体験できるWebアプリである。しかし、新たなデータの生成に用いられる通常の敵対的生成ネットワークとは異なり、入力画像しか生成できないという点で、本プロジェクトの社会の実応用は課題が多い。

6. 名前(所属)

中井慎 種谷望 宮下繁虎 (慶應義塾大学環境情報学部)

7. 参考リンク

[1]<http://papers.nips.cc/paper/5423-generative-adversarial-nets.pdf>

[2]http://openaccess.thecvf.com/content_CVPR_2019/papers/Karras_A_Style-Based_Generator_Architecture_for_Generative_Adversarial_Networks_CVPR_2019_paper.pdf

[3]https://arxiv.org/pdf/1803.01229.pdf?source=post_page-----

[4]https://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.113.130503?casa_token=aMj9xUVMkjAAAAAA%3AvxEXrZlzZJXtUhTSb_VsH_JiChH-l4Ve_EJUE_UaVjOFkD9DJzo_NOY1rb8-ehyszWBvHNCiVKSSsCA

[5]<https://www.academia.edu/download/51232348/s11128-010-0177-y20170107-22172-fhuge8.pdf>