

量子コンピューティング と脳波

GCM研究会

山田優斗 山崎清之

東海大学工学部医用生体工学科

目次

- 01 最新技術の概要
- 02 アニールリングとゲート
- 03 量子コンピュータの現状
- 04 量子を用いた脳波解析

最新技術の概要

Section1

先端科学

量子コンピュータの凄さ

量子コンピュータは、量子力学の原理を用いて情報を処理します。具体的にはシュレーディンガー方程式に従いますが、まず、量子コンピュータに触ってみたい！という場合には最初に必ずしも、量子力学への理解が必要ではありません。

現状量子コンピュータを使用したい時、実際には量子回路を操作することにより求める結果に近づけていきます。

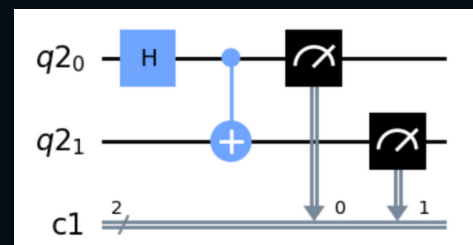
詳しくは3章で

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$|\Phi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$$



期待される分野

最新技術の概要

量子コンピュータは、大量のデータを同時に処理する能力を持つため、薬物開発(創薬)、気候モデリング、金融モデリング、最適化問題などの複雑な問題を解くのに役立つと予想されています。

また、暗号や通信の分野でも重要な役割を果たす可能性があると考えられています。

これらの分野において、従来の古典的なコンピュータでは演算し切ることができなかった領域へと踏み入ることができるかもしれないとされているのが量子コンピュータです。



Section2

アニーリング と ゲート



アニーリング とゲート

現在開発が行われている量子コンピュータは大きく分けて二つの種類が存在する。

一体何が異なるのか、どういった分野に用いることができるのか、具体的に見ていく



アニーリング 方式

アニーリング方式の量子コンピュータは、最適化問題を解くために設計されています。

これは、特定の制約の下で最良の解を見つける問題を解くのに適しています。

アニーリング方式の量子コンピュータは、問題を問題をイジングモデルとして表現し、量子力学の原理を利用して最低エネルギー状態（つまり最適な解）を探します。現在、この方式は主に物流、製造業、金融などの分野でスケジューリングやルーティングの最適化問題を解くために使用されています。

ゲート方式

ゲート方式の量子コンピュータは、量子ゲートと呼ばれる操作を量子ビットに適用することで計算を行います。

これは、古典的なコンピュータの論理ゲート（AND、OR、NOTなど）に相当しますが、量子コンピュータの場合は量子回路というものを操作します。

ゲート方式は、一般的な計算タスクに対してより汎用性がありますが、現在の技術ではエラーが多く、信頼性が低いという課題があります。現在、この方式は主に研究目的で使用されており、量子アルゴリズムの開発や量子エラー訂正の研究などに利用されています。



量子コンピュータの現状

Section3

皆様の疑問を簡単に回答

Q1. 量子コンピュータは公共で使用できるのか

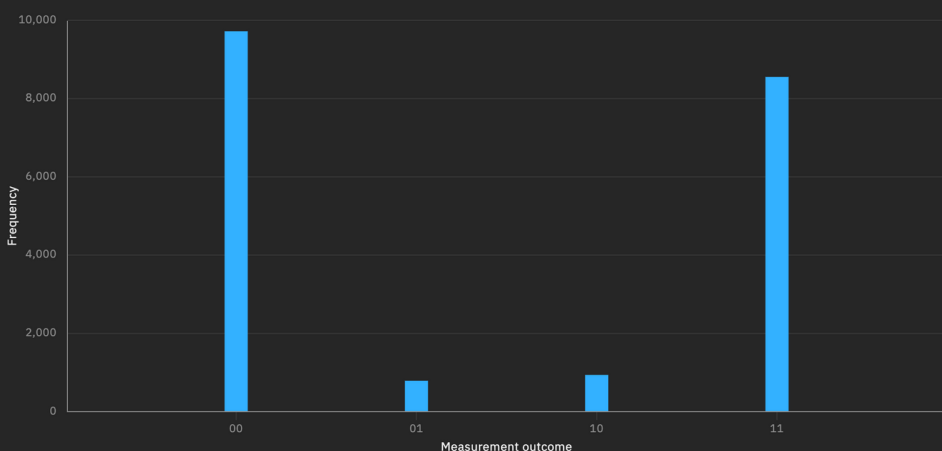
A1. はい可能です。先ほどの説明にもありましたが、アニーリングであれば、D-wave system様が、ゲート方式であれば、IBM Quantum様が、

それぞれアカウントの作成により、無料で使用できる範囲のトークンを付与してもらえます。

それぞれGoogleColabによるPythonで実行可能となります。

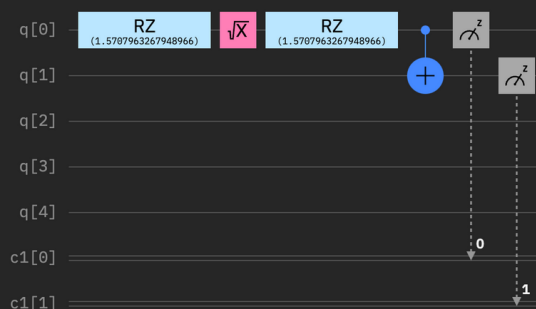
ただし解答の精度で言うと特にゲート方式はまだまだ途上です。

次スライドに実際の結果を示します。



↑
量子力学の重ね合わせを利用し、
20000回の計算の中で、
それぞれ10000回ずつ
「00」と「11」が出る様に指示した結果

指示を飛ばすための量子回路



量子を用いた 脳波解析

Section4



量子を用いた脳波解析

脳波は確率過程としてしか考えることのできない分野。
逆に言えば、確率過程でないと問題が解けない。
だからこそ、量子コンピュータで解く価値がある。
(面白い成果ができるのではないか)
脳波自体はかなりファジーである。これを量子力学的に考える。

現在の計画している研究は「量子機械学習を用いた量子コンピューティングの脳波解析への検討」です。

これは、確率過程でしか表すことのできない脳波を量子コンピュータを用いて解析することによって新しい発見を得ることができないか、と試みた研究です。

現在、多くの脳波研究は周波数分析を用いてその特徴が記述されてきましたが、きわめて不確実性が高く、波形の形態的特徴を客観的に扱うことは困難であることが現状です。

一方で、近年脳波がBMI (Brain Machine Interface) の制御信号として利用される研究も増えており、機械学習による分類が積極的に試みられるようになりました。しかし、脳波の不確実性により、必ずしも実用に足る状況とは言えません。

そこで、既存の機械学習による古典手法の分類と、量子コンピューティングによる量子機械学習での処理結果を比較し、例えば、量子コンピュータを用いた探索的なアルゴリズムによる分類が有用であるかを検討します。

04 量子を用いた脳波解析

01 手法の検討

- 量子力学的なアプローチ
- 統計力学的アプローチ
- 非平衡的アプローチ
- 量子機械学習 (QSVM, RQNN)

02 量子回路設計

- IBM-Quantumの場合
何ビット数のマシン
で計算を行うか

03 データ解析

- 既存の手法と何が異なるのか
- 新しい結果は得られたか
- 今後の有効性は見つけられるか

◆ 脳波解析

研究の意義と提言

理論的・法論的な問題

今まで脳波からの情報として、肉眼的にわかるものが利用されてきました。しかし、取得できる情報がそれだけであるとは考えず、そこには神経生理学的な、集合電位として捉えられている細かな電位もあるはずです。そういった目で見える部分、スペクトル解析では見えないものが、非線形解析で判明します。

必ずしもスペクトル解析だけでわからないことがAIを用いてわかるようになり、探索的処理を行えるようになれば、将来に向けて役に立つ、という考えが現在の脳波研究におけるモチベーションになっています。

実用的意義

人ではわからない情報に対して量子コンピューティングを用いるメリットは未知なものが多く、これから開拓されていくものと思われるが、医学において脳波がその先駆けとなれば幸いであるのと同時に、これらの特色を踏まえると、神経生理学的には格好のテーマであるといえる。

また、脳波の分野をもう一段階刷新するにはより情報を鮮明に見れるようにしたい、という要望は強く存在し、現在の深層学習のランクを一つ上に上げるためにも有用であると考えます。

THANK YOU

ご清聴ありがとうございました