

Qiskit Fall Fest 2025

プロンプト紹介

今村宗一郎

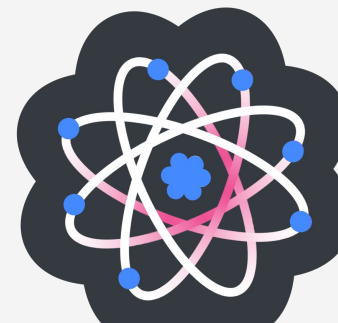
理学系研究科物理学専攻
藤堂研M2

imamura-soichiro524@g.ecc.u-tokyo.ac.jp
<https://soichiro524.github.io/ja/about>

IBM



Century of Quantum



この資料について

このハッカソンでは、
各チームが「プロンプト」を設定し、
それに対する「ソリューション」を提案し、
Qiskitを用いて実装してもらいます。

ではどのようなプロンプトを扱いましょうか？

プロンプトの内容は自由です。

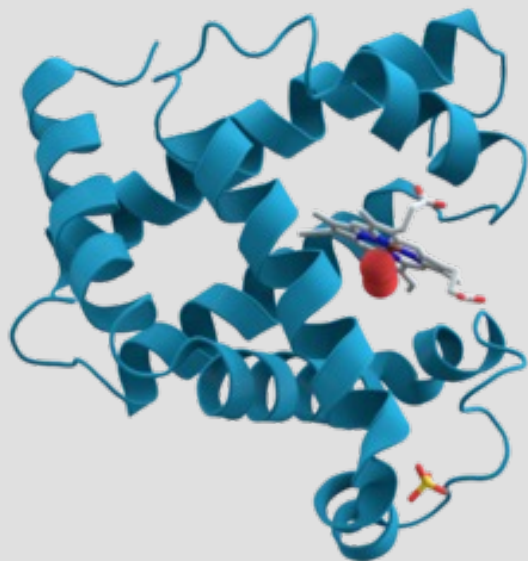
審査基準を考慮しながら、
自分の専門分野への応用を考えるもよし、
全く新しいことにチャレンジするもよし、
各チームで魅力的な発表が聞けることを期待しています。

この資料では、プロンプト作りの一助となるよう、
発展的なレベルの、IBMから提供されたプロンプト例と、
取り組みやすいレベルの、我々運営学生から提供するプロンプト例を
簡単にご紹介します。

**こちらの資料にあるプロンプトを採用しても良いですし、
一部変えて使っても問題ありません。**



プロンプト例 (by IBM) : タンパク質の構造予測



アミノ酸配列からタンパク質の三次元構造を予測することは、生命科学の根幹をなす課題です。AIによる手法は進化していますが、未知の配列には限界があり、物理ベースのアプローチは計算コストが高すぎます。

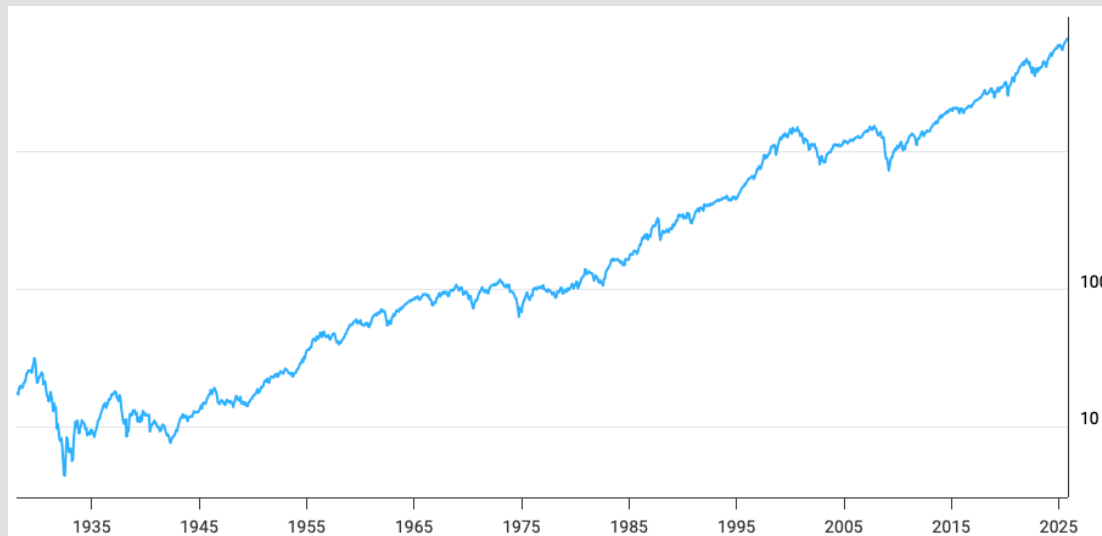
そこで、量子アルゴリズムと、タンパク質構造を単純化された表現に離散化する粗視化格子モデルを組み合わせます。現在のIBM量子ハードウェア(Eagle R3、Heron R2)の機能を活用することに重点を置き、選択した3D格子モデルにおいて、短いタンパク質（5～10のアミノ酸）の構造を予測する量子アルゴリズムを設計します。ハミルトニアン構築、変分量子アルゴリズムの適用、エラー抑制やハイブリッド手法の導入も検討対象です。格子の選択が生物学的忠実度と量子資源効率に与える影響を探りながら、量子計算による新たな構造予測の可能性を切り拓いてください。

<https://ja.wikipedia.org/wiki/タンパク質>

プロンプト例 (by IBM) : 量子ウォークとオプション価格



S&P 500



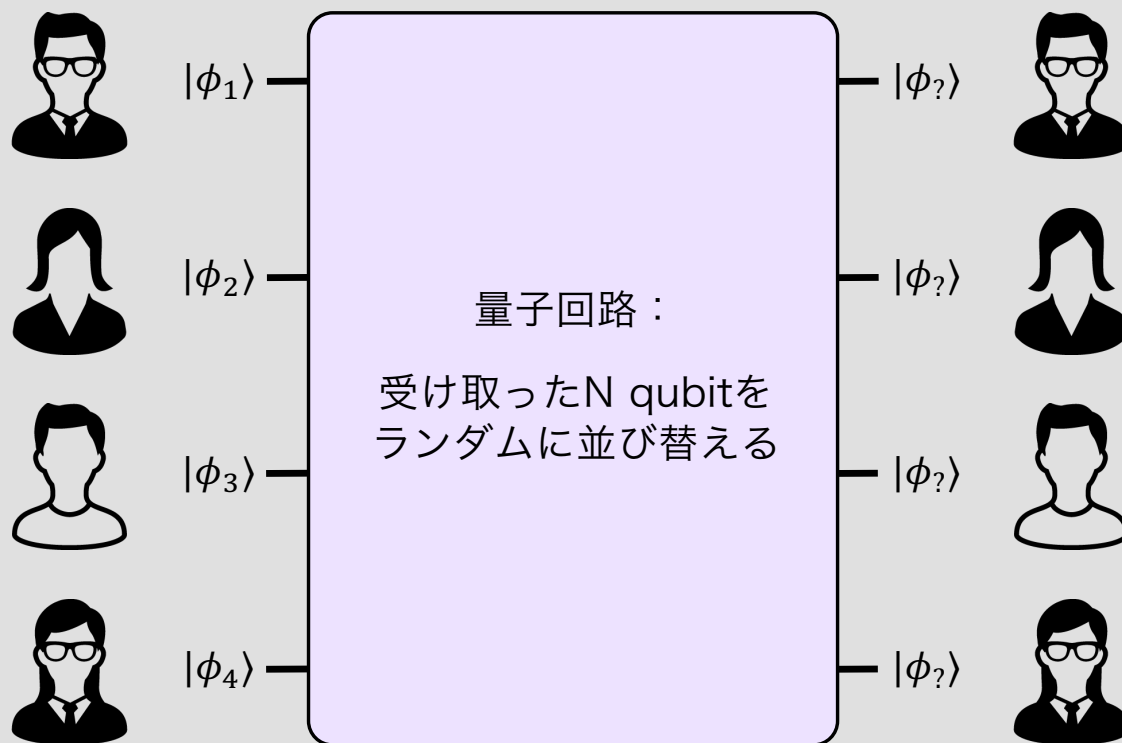
<https://www.macrotrends.net/2324/sp-500-historical-chart-data>

オプションとは、「将来のある時点で、あらかじめ決められた価格（オプション価格）で株を売買する権利」のことであり、Black-Scholesモデルは公平なオプション価格を計算する基本的なモデルです。株価の動きをランダムウォークでモデル化し、偏微分方程式で記述されます。

従来の古典計算の手法のように1つずつ過程をシミュレートするのではなく、量子ウォークを用いることで全ての可能性を並列にシミュレートしましょう。

このプロンプトのゴールは、特定のパラメータの値を設定した際のBlack-Scholesモデルを用いることで、近似でも良いのでオプション価格を量子回路を用いて計算することです。

プロンプト例 (by organizers) : N人のプレゼント交換

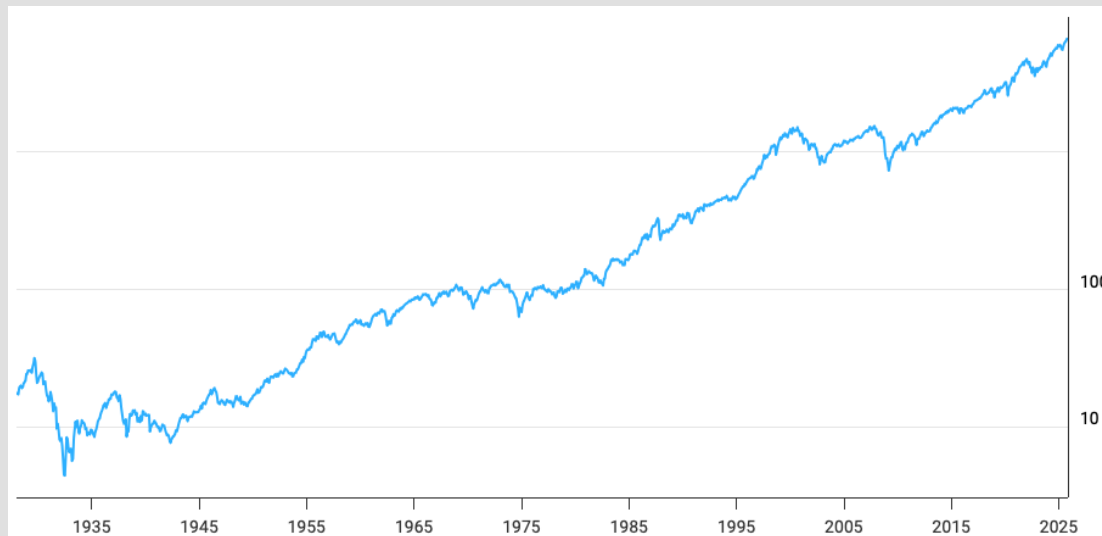


N人でプレゼント交換をしましょう。ただし、中身は1 qubitなので“見る”のはルール違反です。あなたの仕事はN qubitを受け取って、それをランダムに並び替えるような量子回路を作ること。完全なランダムに近い方が嬉しいですね。また、自分の持ってきたプレゼントが自分に戻ってくるのも極力避けたいです。どうやったら実現できるでしょうか？

プロンプト例 (by IBM) : 量子機械学習とオプション価格



S&P 500

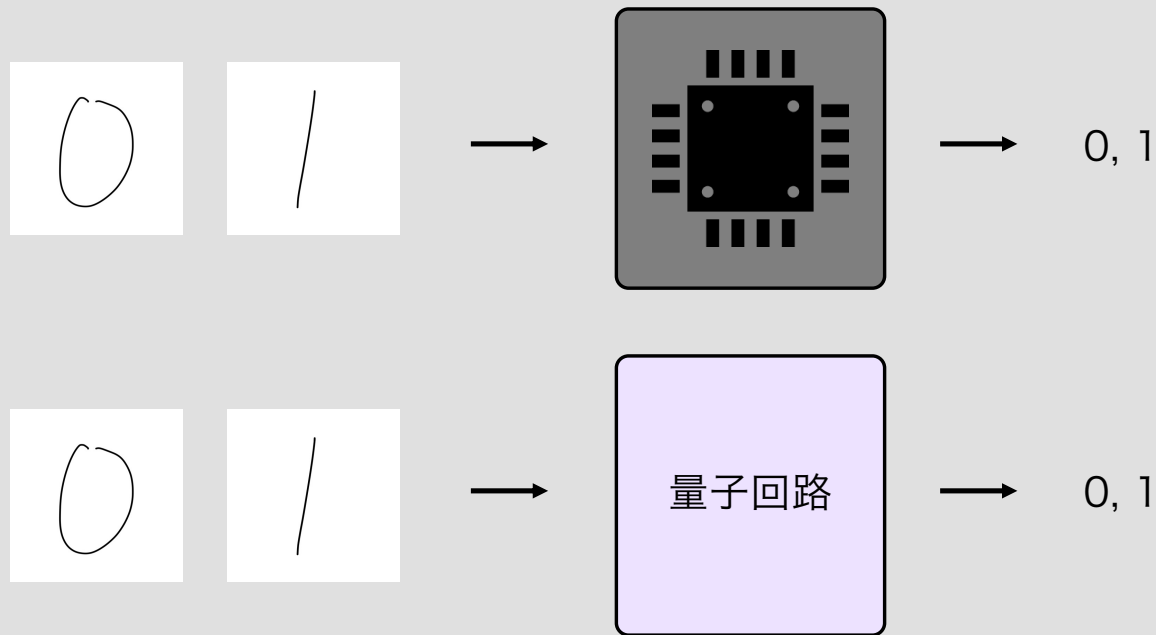


<https://www.macrotrends.net/2324/sp-500-historical-chart-data>

オプション価格の予想について、量子ウォークではなく量子機械学習を用います。直接推移をシミュレートするのではなく、データから将来のオプション価格の分布を予測しましょう。例えば量子リザーバー計算では、固定された量子回路と訓練可能な古典アルゴリズムを用いて学習を行います。

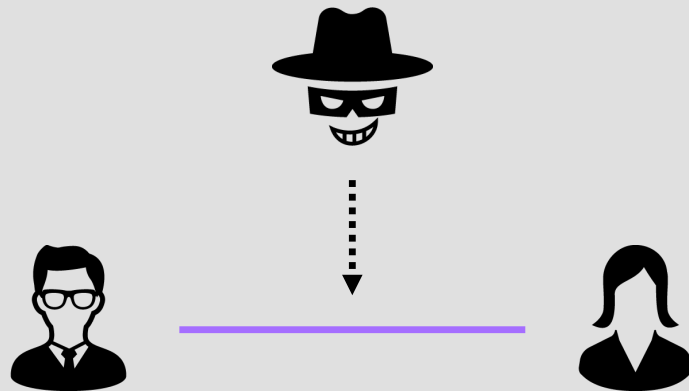
このプロンプトのゴールは、オプション価格を予測する量子機械学習のモデルを実装し、訓練させることです。訓練に必要なデータは提供されます。

プロンプト例 (by organizers) : 機械学習モデルを量子回路に変換してみよう



機械学習モデルの複雑な動きを量子回路で再現できたら面白いと思いませんか？ここではパラメータ付き量子回路を使って、古典機械学習モデルと近い動きをする量子回路を学習させてみましょう。もしうまくいけば、古典機械学習モデルをサブルーチンとした新しいアプリケーションが登場するかもしれませんね。

プロンプト例 (by IBM) : 量子暗号 (BB84)



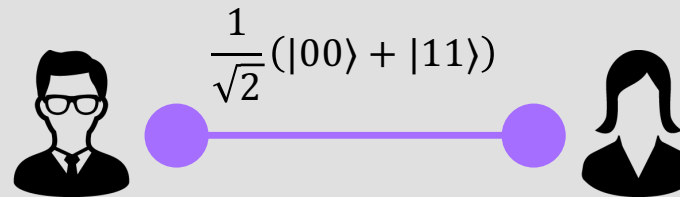
現在通信の暗号化に用いられている主流の暗号は、素因数分解の計算量的困難性に基づいたRSA暗号です。しかし量子コンピュータによって効率的に素因数分解が行われるようになってしまうと、この暗号の安全性が失われてしまいます。そこで注目されているのが、量子力学の原理に基づいて安全性を保証する量子鍵配送です。

ここでは、1984年に提唱されたBB84プロトコルをQiskitで実装してみましょう。目標は、通信を行う二者間で安全に秘密鍵を共有することです。盗聴を検知するエラー率などを推定し、デバイスのノイズを考慮した時にそれがどのような影響を受けるか調査しましょう。他のアプローチとの比較もできると良いですね。

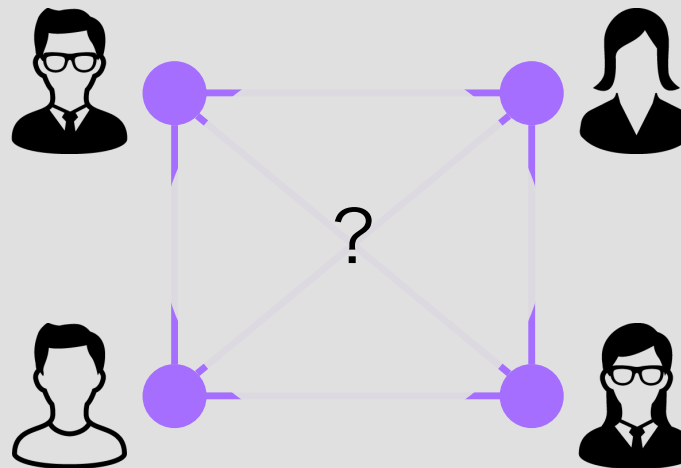
プロンプト例 (by organizers) : N人量子通信を実現しよう



2人の場合：



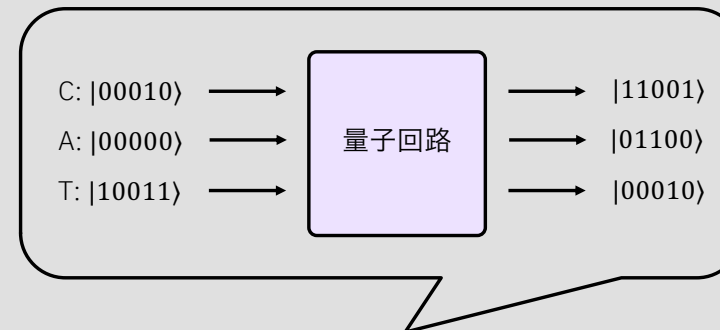
N人の場合：



2人の通信を実現するためにはBell状態があれば十分です。では、N人ならどんな量子状態が必要になるのでしょうか？

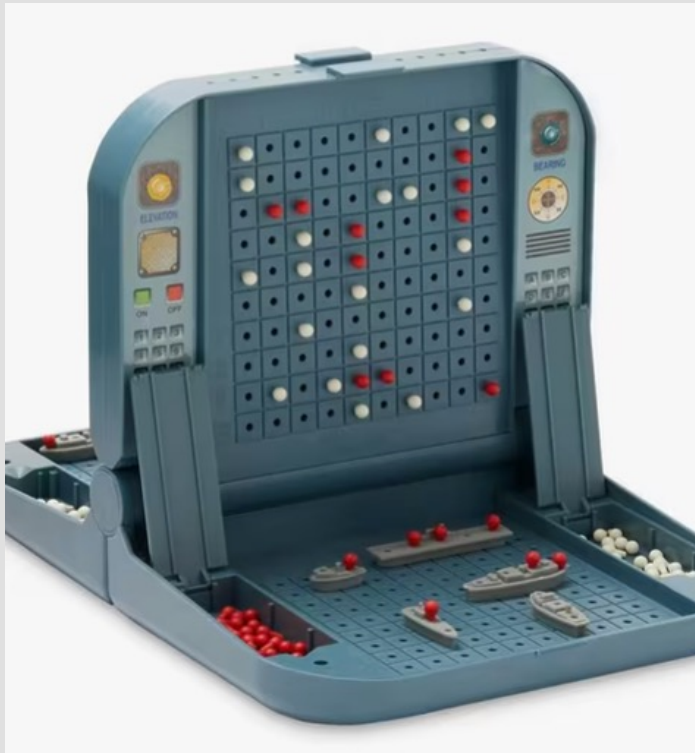
その量子状態は、N人のデバイスがどのような接続を持っていれば作れるのでしょうか？ 実際にN人で登場しそうな通信パターンなど、具体的なシチュエーションを考えてみても面白いかもしれませんね。

プロンプト例 (by organizers) : 換字式暗号を解いてみよう



N bitを受け取ってN bitを出力する暗号化マシンがあります。とある日、あなたはこの暗号化マシンと全く同じ動きをする量子回路を入手しました。暗号文が与えられるので、これの復号を試みてみましょう。もちろん 2^N 通りすべてを試して逆変換の表を作ることできますが、ちょっと面白みに欠けるかもしれません。せっかく量子回路を使っているのに、これより速く復号できたりしないでしょうか？

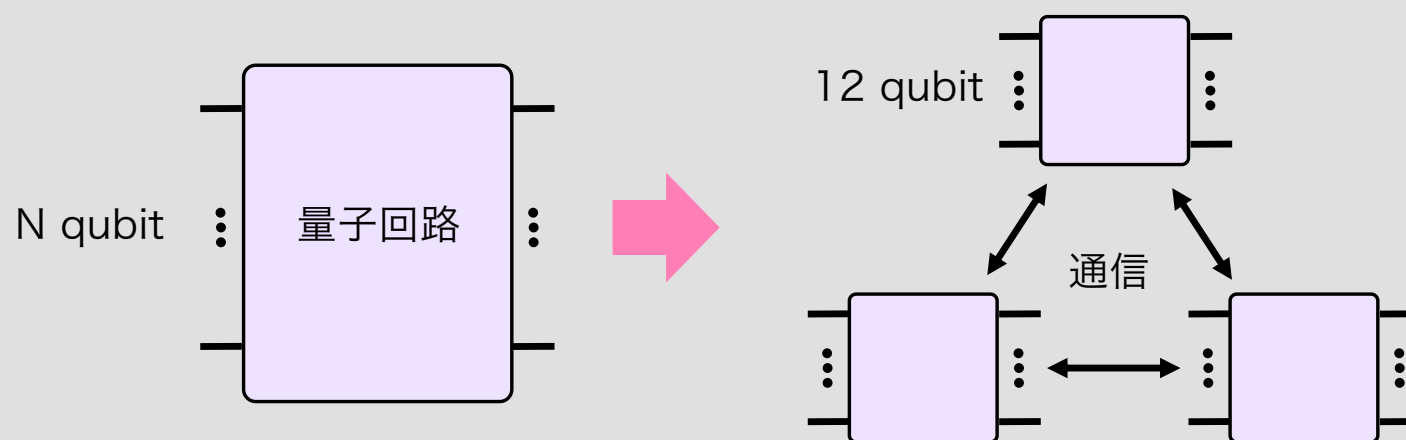
プロンプト例 (by IBM) : Battleship Game



1993年、Avshalom ElitzurとLev Vaidmanは、確率的に爆弾を爆発させずに探知する、量子力学の原理に基づいた方法を提案しました。これをBattleship Gameというボードゲームに適用してみましょう。このゲームでは、相手の船の位置を探るために一箇所ずつ攻撃していきます。ここにElitzur-Vaidmanのbomb testerを適用して、事前にすべての相手の船の位置を相互作用させることなく知り、勝利を確実にすることはできるでしょうか？

<https://www.johnlewis.com/john-lewis-battleship-game/p4351540>

プロンプト例 (by organizers) : 分散環境に合わせた回路実装



IBM Quantumのロードマップにあるような、分散量子計算を考えてみます。例えば以下の例では、単一デバイスに12個のqubitが含まれていて、これらがcouplerで繋がれています。(参照: <https://www.ibm.com/quantum/blog/large-scale-ftqc>)

このようなシチュエーションでは、デバイス内の計算コストはあまり気にならない一方で、デバイス間の通信コストは最小限に抑える必要があります。お好きな量子アルゴリズムを選んで、この環境に適した実装を考えてみましょう。



韓国事例

すでに行われたプロジェクトなので、
このプロンプトは
そのまま使わないでください

プロンプト＋ソリューション例 (by [韓国事例](#)) : [ハングル文字の画像分類](#)



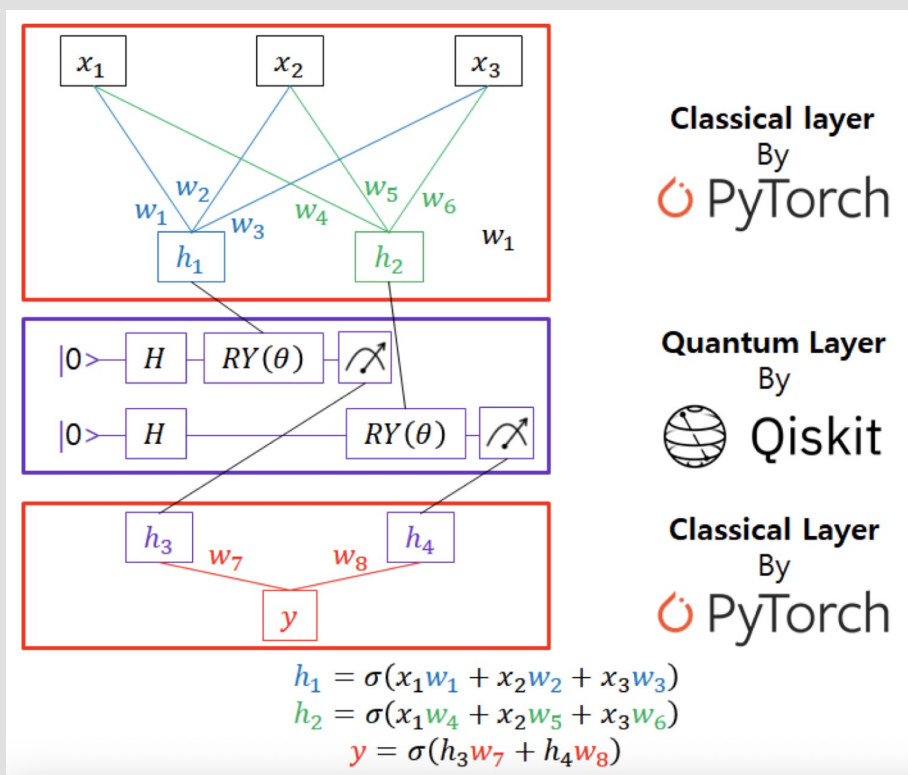
(最終発表資料より)

ハングル文字の画像进行分类してみましょう。

MNIST（手書き数字の画像データセット）に対する、量子サポートベクトルマシン(QSVM)や、ハイブリッド量子ニューラルネットワーク(Hybrid QNN)を用いた分類器があるので、それをハングル文字に適用できるようにしてみます。なるべく精度を上げて分類器としての性能を向上させたいです。

https://github.com/jhlee29/quantum-meets-hangul/blob/main/Hangul_classification_by_QML.pdf

プロンプト+ソリューション例 (by [韓国の事例](#)) : CNNに量子回路のレイヤーを入れるには？

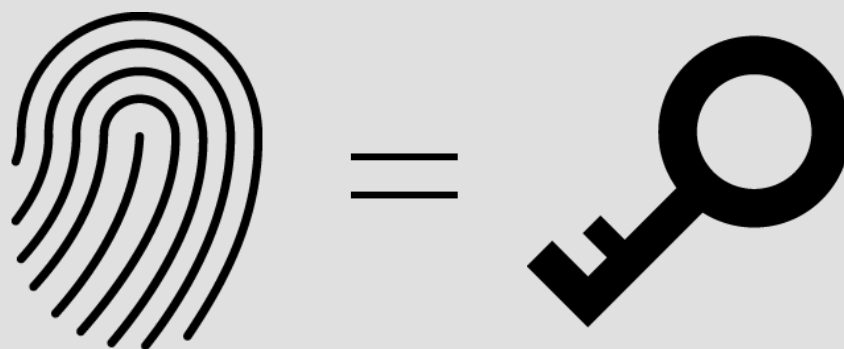


機械学習モデルの1つに、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) というものがあります。

このレイヤーに量子回路を入れることはできるでしょうか？どのように使うのが一番良いでしょうか？

<https://github.com/dohun-qml/quantum-neural-network>

プロンプト+ソリューション例 (by [韓国事例](#)) : [完全に一致しない鍵での秘密鍵の復元](#)

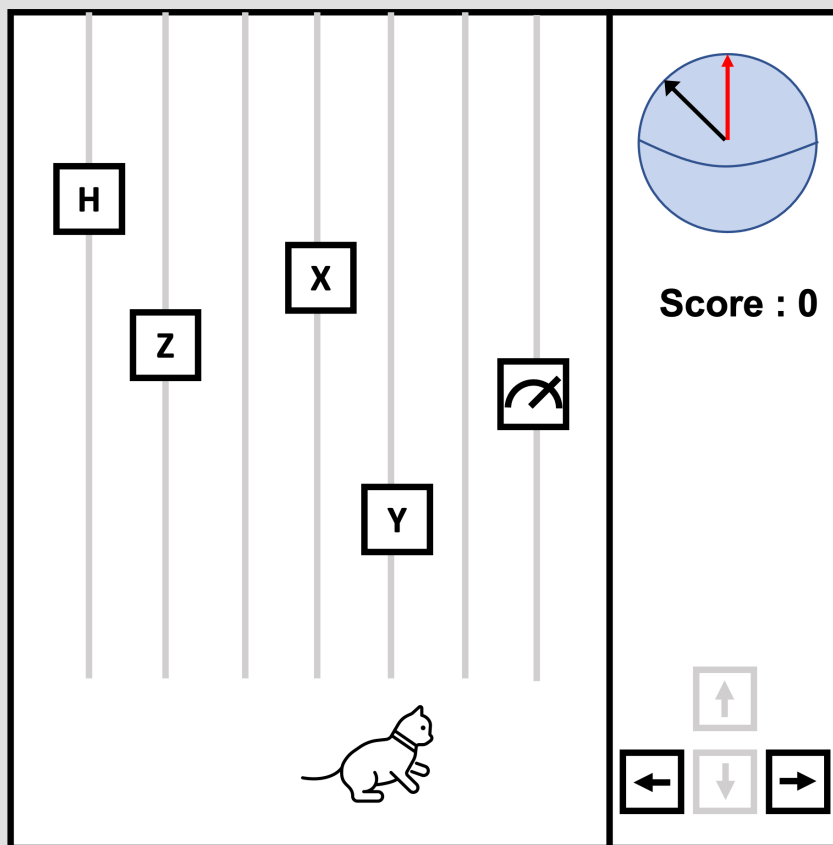


認証には、記憶に基づくものや所有に基づくものがありますが、第三者によって不正に共有・代行され得るというセキュリティ上の脆弱性を抱えています。このため、利便性とセキュリティを同時に提供できる生体情報が必要とされます。

しかし生体情報を用いる場合、「鍵」となる生体情報は完全に同じままではありません。そのような「入力ごとに完全一致しないデータ」でも利用できるよう設計された、生体暗号技術の一種が fuzzy vault です。

ここでは、QPCA, QPRNG, Groverのアルゴリズムを用いてこれを実現することを目指します。

プロンプト＋ソリューション例 (by [韓国事例](#)) : [量子回路を用いたゲーム開発](#)



量子回路のゲート操作に親しんでもらうため、
ゲームを作成しましょう！

プレイヤーは、最初にとある量子状態を持っています。猫のキャラクターを操作して、落ちてくる量子ゲートを拾ったり避けたりします。するとプレイヤーが持っている量子状態もそれに応じて変化します。測定を拾うとその量子状態が測定され、その確率に応じて成功・失敗となります。成功した場合は高得点となりますが、猫が死んでしまい、スコアがリセットされてしまいます。

最終成果物のデモ：
<https://youtu.be/QoJEGBVFUNl>

進め方のコツ



1

プロンプト：

- 興味を持ったものを！
- 自分が詳しいものと
量子コンピューティング
の掛け合わせ
- 審査基準を考慮しよう

2

ソリューション：

- まずは手を動かし始められるように、大きな方針を決めてメンバーを集めよう

3

チーム作業：

- プロンプトの細部を決めよう
- チーム内で十分にコミュニケーションを取ろう
- 最終発表に向けて役割分担をしよう

4

最終発表：

- 審査基準を意識しよう
- 他のチームの発表も楽しもう

Good Luck!