

量子プログラミングコンテストシステムの開発と量子回路シミュレータの WebAssembly 化

—QCoder：プログラミングコンテストの新たな形—

1. 背景

量子コンピュータの開発や応用を進める人材を量子人材や量子ネイティブと呼ぶことがある。量子人材の育成は急務とされ、内閣府における量子技術イノベーション戦略においても重要な課題とされている。量子人材育成のアプローチの一つとして、量子プログラミングコンテストがある。量子プログラミングコンテストとは、量子コンピュータの実機もしくはシミュレータを用いたプログラミングコンテストのことをいい、IBM Quantum challenge や Microsoft Q# Coding Contest などが量子技術の研究機関を持つ企業によって既に開催されている。しかし、各コンテストは多くとも年 2 回程度の開催でかつ、参加人数も少なく、AtCoder や CodeForces、Kaggle などの古典コンピュータを利用したプログラミングコンテスト（古典プログラミングコンテスト）と比較すると、未だ発展途上の段階といえる。また、量子プログラミングコンテストの開催を主とする企業やコミュニティは未だ存在しない。

2. 目的

本プロジェクトでは新たな量子プログラミングコンテストシステムの開発を行い、実際にコンテストを開催する。なお、ここでの量子プログラミングコンテストシステムとは、出題される問題やコンテストの順位表、解答の提出フォーム、解答の評価を行うジャッジサーバーなどを備えた Web サービスを指す。開催するコンテストにおいては、参入障壁を考慮しつつ、競技性を重視し、より多くの人材に量子コンピューティングに興味を持ってもらうことを目指す。

3. ソフトウェア開発内容

本プロジェクトでは量子プログラミングコンテストシステム「QCoder」の開発を行った。システムアーキテクチャを図 1 に示す。QCoder は主にフロントエンドシステムと API サーバー、ジャッジサーバーの 3 つのコンポーネントから構成され、各コンポーネントは REST API によって相互に通信を行う。アプリケーション (<https://www.qcoder.jp/>) は 2024 年 1 月 6 日にリリースした。

ユーザーは QCoder で開催されるコンテストに参加し、出題される問題を他の参加者よりも早く解くことを競う。問題例を次に示す。

- 問題名：Generate Plus State
- 問題文：ゼロ状態からプラス状態を作り出す操作を、1 量子ビットをもつ量子回路 qc 上に実装せよ。プラス状態は次式で定義される。

$$|+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$$

- 解答例：

```

from qiskit import QuantumCircuit

def solve() -> QuantumCircuit:
    qc = QuantumCircuit(1)

    # Apply Hadamard gate to the 1st qubit (index 0)
    qc.h(0)

    return qc

```

なお、本プロジェクトでは当初、量子回路シミュレータを WebAssembly 化した上でコンテストシステムに搭載し、クライアント側でのテスト実行を可能にすることを計画していた。しかし、主に技術的な懸念や優先度の観点からプロジェクト中の実装は断念することとした。

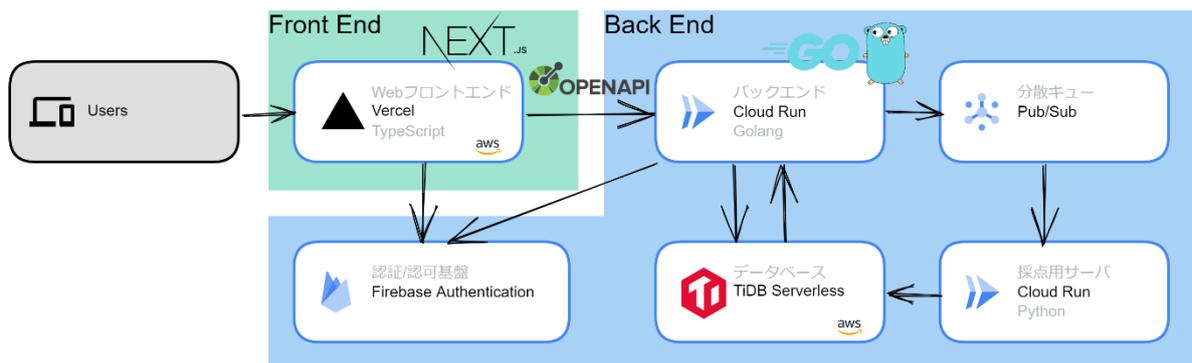


図1 システムアーキテクチャ

4. 新規性・優位性

現在、開催されているすべての量子プログラミングコンテストは量子プログラミング言語を開発する企業によって、1年に1回程度の頻度で開催されている。これらのコンテストは古典プログラミングコンテストにおける Google Code Jam や Facebook Hacker Cup のような企業主催のコンテストに相当するもので、AtCoder や TopCoder、CodeForces などのコンテスト開催を主とする組織やプラットフォームには相当しない。QCoder は世界で初めてこうした量子プログラミングコンテストの開催を主とするサービスであり、出題される問題の性質や出題形式は現在世界で唯一のものである。

5. 期待されるユーザー価値と社会へのインパクト

2024年1月20日に初回のコンテスト QCoder Programming Contest (QPC) 001を開催した。図2に参加者255人の内訳を示す。参加者の70%は大学に、22%は企業や研究機関に、8%は中学や高校に所属しており、QCoderが中学生や高校生から、大学に所属する学生、教員、企業に所属する研究者や社会人まで幅広い層に利用されていることがわかる。次に図3に大学別の参加者数を示す。図に含まれない参加者が1名の大学も含めると、全国40の大学から学生や教員がコンテストに参加しており、特定の大学や地域に偏らない多様な層にリーチすることに成功した。

ユーザーはコンテストに参加することで、問題を解くことを楽しみながら量子コンピューティング・量子アルゴリズムについて学習することができる。将来的には各ユーザーがコンテストの順位やそれをもとにしたレーティングを自身の量子コンピューティングに対する能力を証明する手段として利用することも想定される。実際、既存のアルゴリズム型の古典プログラミングコンテストでは、レーティングやコンテスト結果を採用に利用する企業が多数存在している。

今後は日本以外のユーザーにサービスを広め、より大規模なコンテストを開催していくことを予定している。こうして、より多くの人にコンテストを通して量子コンピューティングを体験・学習してもらい、量子コンピューティング全体の発展に寄与することが本プロジェクトの最終的な目標である。

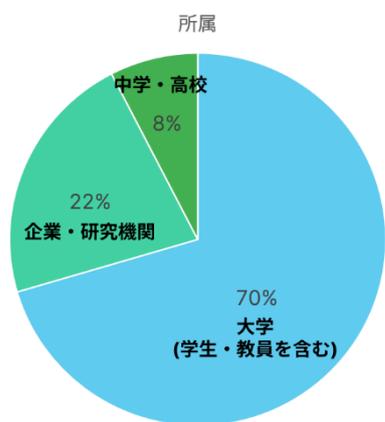


図2 QPC001 参加者内訳

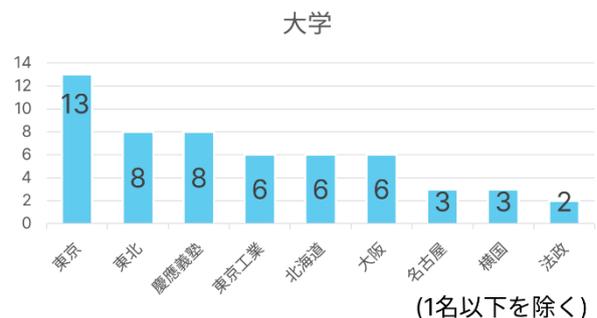


図3 QPC001 大学別参加者数

6. 氏名 (所属)

雪吉 稀允 (横浜国立大学 大学院理工学府)

(参考) 関連 URL

QCoder: <https://www.qcoder.jp/>