

オープンソースの量子コンピュータ・クラウド基盤開発 —多様なユーザと多様な量子コンピュータをつなぐ—

1. 背景

ここ数年、量子コンピュータのクラウドサービスが増加している。しかし、実際に触れるアプリケーションはほとんど存在せず、日本のデバイス提供者がゲート方式の量子コンピュータをクラウドサービスとして公開した事例も無い。そのため、一般の方から見るとまだ遠い存在となっている。

2. 目的

本プロジェクトは、標準的な機能を有し、運用の手間が少なく、拡張しやすい量子コンピュータのクラウドサービスをオープンソース・ソフトウェアとして開発する。本プロジェクトを利用することで、量子コンピュータをクラウドサービスとして公開しやすくなる。

本プロジェクトで作成する量子コンピュータのクラウドサービスの全体像を図 1 に示す。

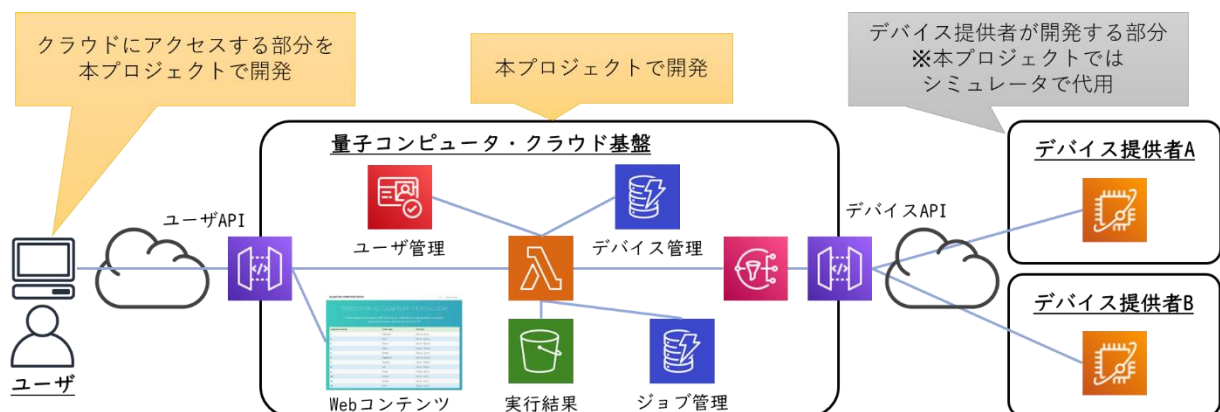


図 1 クラウドサービスの全体像

本プロジェクトは、ソースコードだけではなく、「設計」「そのように設計した理由」「開発の過程で得たノウハウ」も公開する。これにより、実際に触れる量子コンピュータのアプリケーションを公開する事例が増え、量子コンピュータがもっと身近になることを期待している。

3. ソフトウェア開発内容

本プロジェクトで開発するソフトウェア全体の名称を「Gate-based Quick Quantum Infrastructure」とし、略称を「gaqqie」とする。以降、本文書中では略称を用いる。

本プロジェクトは、3つの部分に分けて開発した（図 2）。

- gaqqie-sky
- gaqqie-door
- gaqqie-rainbow

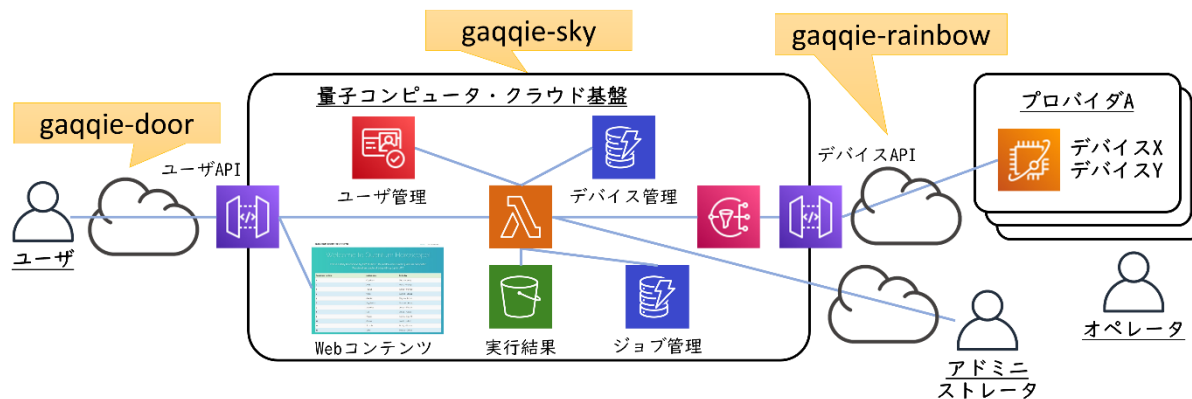


図 2 本プロジェクトを構成する 3つの部分

- gaqqie-sky
量子コンピュータのクラウドサービスを提供する、本プロジェクトの中核を担う部分。AWS (Amazon Web Services) 上に展開することを想定している。AWS上で動作するアプリケーションは Python で記述し、Web 画面は JavaScript で記述している
- gaqqie-door
gaqqie-sky が提供する量子コンピュータのクラウドサービスにユーザ側からアクセスするためのライブラリ。Python で記述している。
- gaqqie-rainbow
gaqqie-sky が提供する量子コンピュータのクラウドサービスにデバイス側からアクセスするためのライブラリ。Python で記述している。

4. 新規性・優位性

これまで、量子コンピュータのクラウドサービスは企業が開発するものであり、ソースコードが公開されることはなかった。そのため、オープンソース・ソフトウェアの量子コンピュータのクラウドサービスは、提案者が知る限り本プロジェクトが世界初である。

また、量子プログラミング・ライブラリも企業が開発するケースが多く、利用するクラウドサービスによって量子プログラミング・ライブラリが決められていた。そのため、量子プログラミング・ライブラリと量子コンピュータ・デバイスを自由に選択

できる量子コンピュータのクラウドサービスも、提案者が知る限り本プロジェクトが世界初である。

本プロジェクトは、サーバーレス・アーキテクチャを採用することで、耐障害性やスケーラビリティの確保、低コストでの運用を実現している。

さらに、デバイス側との通信はプル型に対応しており、多数のジョブがリクエストされてもデバイス側に負荷がかからないアーキテクチャとなっている。

5. 期待されるユーザー価値と社会へのインパクト

本プロジェクトは次のユーザに利用されることを想定している。

- 一般ユーザ
- 量子計算の研究室
- 量子コンピュータ・デバイスの研究開発者

それぞれのユーザに対して、本プロジェクトが提供する価値とインパクトは次の通り。

- 一般ユーザ

量子コンピュータのクラウドサービスが増加しているが、クラウドサービスの提供者（IBM、AWS、Google 等）に依存して、アクセス可能な量子プログラミング・ライブラリ（Qiskit、Amazon Braket SDK、Cirq 等）が限定されてしまう。ユーザが好きなライブラリで好きなデバイスを実行することができない点が、現状の量子コンピュータ・クラウドサービスの課題である。

本プロジェクトを利用すると、(将来的に) ユーザが好きなライブラリで好きなデバイスを実行できるようになる。これにより、クラウドサービスによって別々の量子プログラミング・ライブラリを学習する必要がなくなり、「量子コンピュータのユーザ数拡大」という社会的なインパクトが期待される（図 3）。

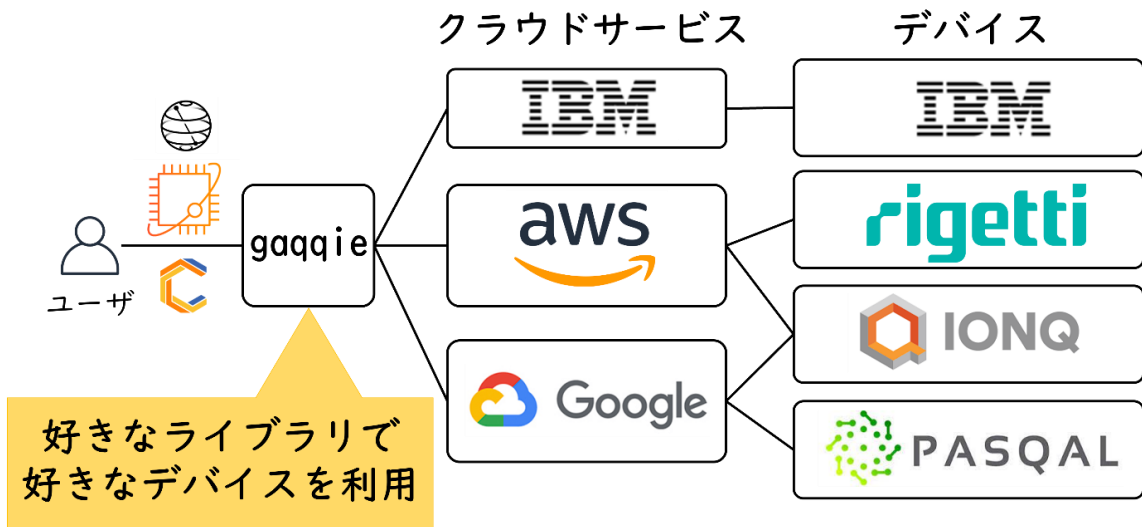


図 3 一般ユーザに対する価値

- 量子計算の研究室

量子コンピュータのクラウドサービス毎に管理画面が異なるため、複数のクラウドサービスを使う場合は、個別の管理画面で、量子コンピュータの実行ジョブを管理する必要がある。そのため、量子計算の研究室で様々なクラウドサービスを利用する場合に、管理が煩雑となる。また、独自のシミュレータなどを使って研究している場合も、個別の管理画面が必要である。

本プロジェクトにより統一されたサービス経由で利用すれば、個別のクラウドサービスにアクセスしなくても、一元的にジョブを管理できるようになる。これにより、様々なデバイスを利用した量子計算の研究を加速するインパクトが期待される (図 4)。

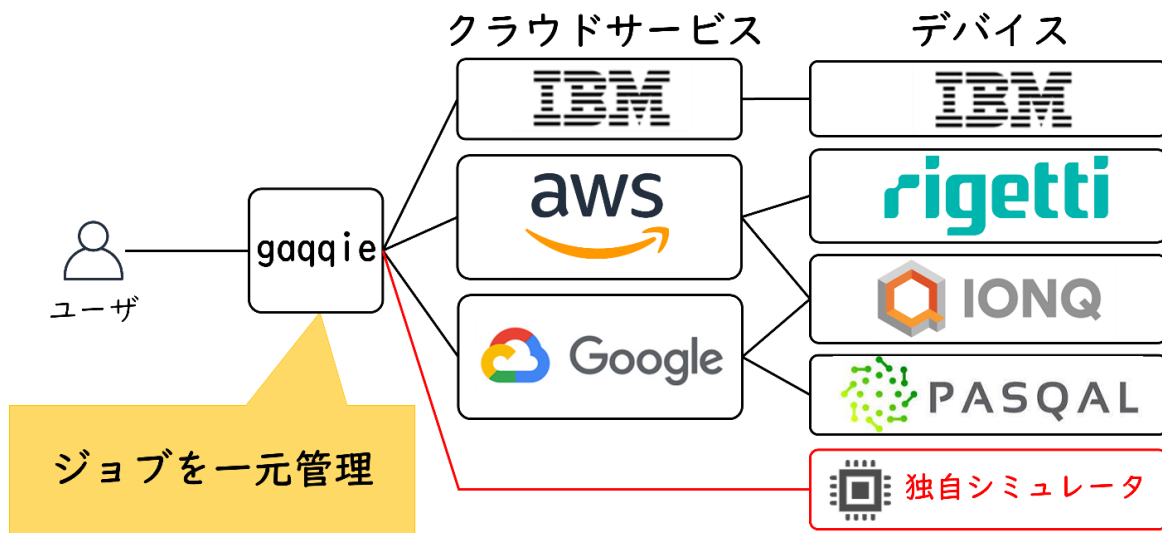


図 4 量子計算の研究室に対する価値

- 量子コンピュータ・デバイスの研究開発者

量子コンピュータのデバイスを研究開発者が、独自の量子コンピューをクラウドから使う場合、専用のクラウドサービスを開発する必要がある。そのためには、クラウドを利用したソフトウェア開発のノウハウや、開発コスト、開発期間が必要となるため、簡単には実現できない。

本プロジェクトにより、デバイスの研究開発者が基本的な機能を有したクラウドを利用しやすくなる（図 5）。

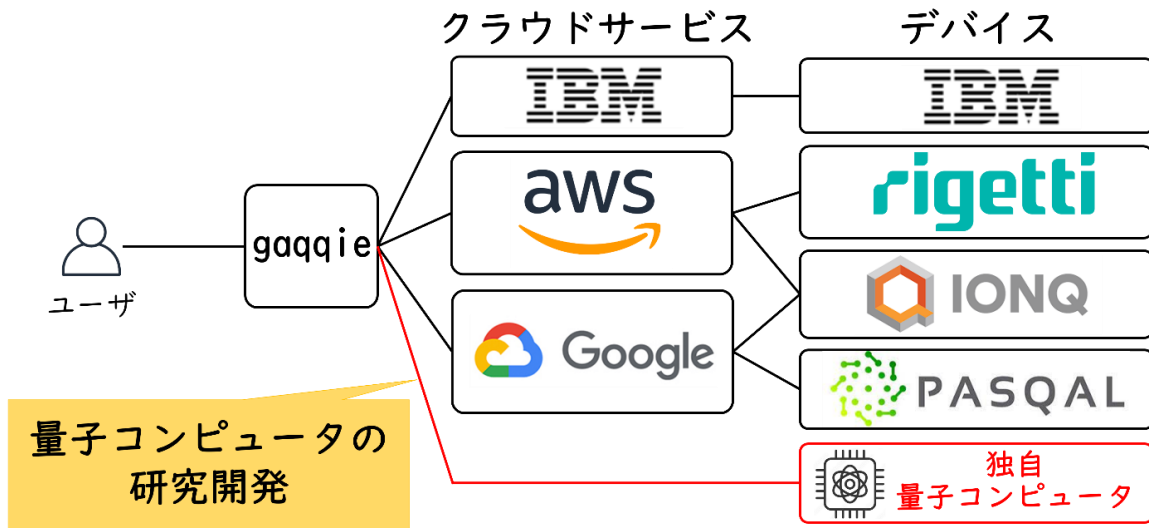


図 5 量子コンピュータ・デバイスの研究開発者に対する価値

参考のため、量子コンピュータのクラウドサービスに必要な機能を下図の吹き出しで示す。このうち、赤字は本プロジェクトが提供する機能である。独自の量子コンピューをクラウドから使う場合、図 6 の黒字の吹き出しの部分のみを開発すればよい。

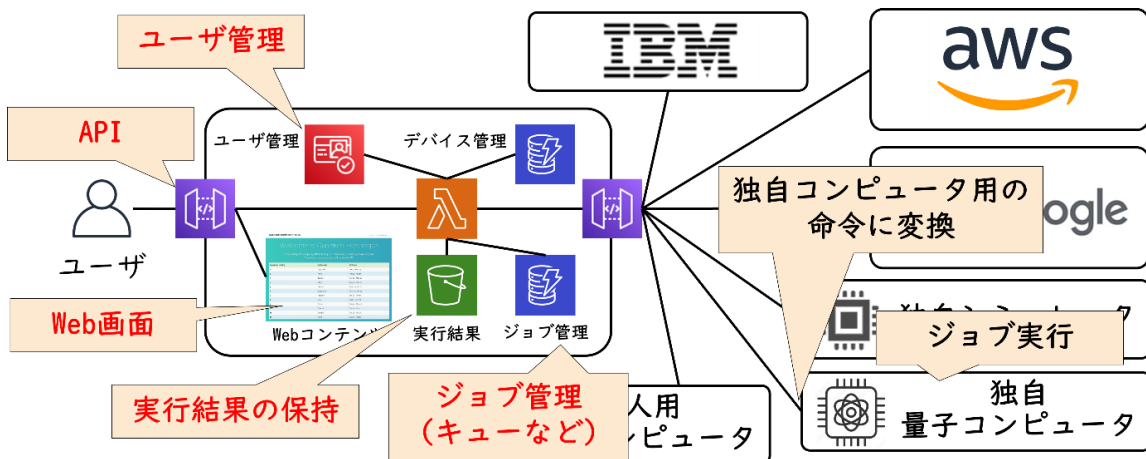


図 6 量子コンピュータのクラウドサービスに必要な主な機能

これらにより、多くの量子コンピュータ・デバイスがクラウド公開され、量子コンピュータ利用を加速するインパクトが期待される。

6. 氏名（所属）

東野 仁政（東京大学先端科学技術研究センター）

（参考）関連 URL

ソース公開：<https://github.com/gaqqie/gaqqie>