

web開発向けオープンソース量子計算ライブラリの開発

- webアプリケーションにおける量子計算利用の障壁を低くする -

1. 背景

我々が着目したのは、量子コンピュータのwebアプリケーション分野への参入である。量子コンピュータの計算能力による恩恵を社会的なものにするためには、それらをサービスとして展開し発展させるソフトウェアエンジニアの寄与が必要不可欠である。しかしながら、現状ソフトウェアエンジニアは量子コンピュータへの認知こそあるものの、それらを使ったアプリケーション設計など踏み込んだ開発を行う事例は極めて稀である。この原因の一つに、エンジニアが手軽に扱える量子計算を用いた開発環境が少ないことが挙げられる。量子コンピュータの開発企業やグループは量子計算ライブラリを開発し無償やオープンソースで提供しているが、これらは各社のサービス利用や研究用途に特化しており、ソフトウェアエンジニアが気軽に独自のサービス作成や検証に用いるには扱いづらい。またそのソースコードはソフトウェアエンジニアリングの手続きでは書かれておらず、アプリケーション作成時に読み解くのに困難がつきまとうことが予想される。

2. 目的

我々は、オープンソースかつエンジニアフレンドリーな量子計算ライブラリを開発することを目標とした。この量子計算ライブラリはソフトウェア開発に重きをおいており、ライブラリのユーザビリティを上げるため、量子計算における複雑な複素数計算や線形代数の計算などを隠蔽するように作成し、扱うエンジニアの前提知識を限りなく少なくすることを試みた。またwebアプリケーション開発時によく使われるプログラミング言語、TypeScriptで開発を行うことで、webブラウザ上で計算ロジックを行うことができ、既存のライブラリと同様の環境で量子計算ソフトウェアを開発した際のオーバーヘッドを極力少なくできるようにした。

本プロジェクトは、これらを実現したライブラリを開発することで、ソフトウェア開発における量子計算への取り組みを推進することを目的としている。それによって量子コンピュータの恩恵をより早く、人々に届けられるように試みるものである。

3. ソフトウェア開発内容

本プロジェクトでは、webアプリやブラウザゲームの開発に適した量子計算ライブラリが無い問題を解決する。これを解決するため「web開発向けオープンソース量子計算ライブラリ『qramana』」を開発した。qramanaはTypeScriptで記述された量子計算ライブラリであり、近年のweb開発技術をベースに実装されている。特徴として、利用しやすいI/F設計、型情報の提供、ユーザベースの多い言語による実装、パッケージリポジトリへの登録など、エンジニアフレンドリーになるよう整備されている。コードはOSSとして扱いやすいライセンスで公開される。これらはエンジニ

アの開発効率を大いに高め、エンジニアは手軽に量子計算を扱ったソフトウェアを開発できるようになる。これにより、量子計算を扱うソフトウェアの増加と普及を促す。世に出るソフトウェアの数が増えることで、量子コンピュータに人を惹きつけ、領域への開発者・研究者の流入や社会からの関心の高まりが期待される。

4. 新規性・優位性

qramanaはTypeScriptで記述された量子計算ライブラリである。TypeScriptは現在web開発においてユーザの多いプログラミング言語である。TypeScriptの特徴として、JavaScriptの標準規格であるECMAScriptに対応していること、またその仕様取り込みがJavaScript実行環境（各種ブラウザ・Node.js等）よりも早いため、最新の言語仕様をいち早く利用できるという利点がある。TypeScriptはJavaScriptに型情報を付与したスーパーセットであり、静的型付け言語である。型情報はコンパイル時に型検査が行われ、中規模以上の堅牢なソフトウェア開発に大きな利益がある。型情報が扱えるということは、型をもとにした共通化が容易になるということでもある。公開インターフェイスを定義し、これを満たすモジュール単位に分割することで、ソフトウェア内部実装の疎結合化を進めることができる。これにより管理性の向上やテスト実装などにも恩恵が得られる。TypeScriptはこのような利点を持つが、TypeScriptコードとしての処理系を持たず、JavaScriptにトランスパイルすることでJavaScriptコードが出力され、各種ブラウザ・Node.js等の実行環境で動作させることができる。トランスパイルオプションを用いることで、出力されるJavaScriptのECMAScriptバージョンを選択することができるため、動作させたい環境に応じて適切なJavaScriptコードを得ることができる。このコンパイル過程により、将来的なECMAScriptの発展への追従をTypeScriptに委任することができる。

JavaScriptの主要な動作環境は各種PC・スマートフォン等に搭載されたブラウザアプリケーションである。Node.jsを用いることでサーバーサイドでも動作し、いずれの環境でもJavaScriptによる開発は一定の需要とユーザ層が存在する。特にブラウザ環境で動作するプログラミング言語としてJavaScriptは大きな位置を占めている。

qramanaは量子計算をできるだけ気軽に利用できるよう配慮して設計されている。特に、量子アルゴリズムや量子回路の設計で求められるような物理・数学の深い知識を持たないユーザが、量子計算に興味・関心を持った際に気軽に利用できることを想定した。そのため、qramanaのユーザインターフェイスは1量子ビット型の変数を通して行うものとした。この1量子ビット型は量子ビットへのゲート操作・相互作用・測定などの一般的な量子回路を操作するためのインターフェイスを持ち、内部に量子ビットの状態ベクトルへの参照を持つ。量子計算は回路の実行と時間発展が進むにつれ、相互作用の結果として系を表現する状態ベクトルが大きくなることがある。これらの合成系やエンタングルメントの管理は、複雑な量子回路を制御する場合は必須であるものの、気軽な利用者にとっては隠蔽されるべきものである。よって、ユーザインターフェイスには1量子ビットへの操作・他の1量子ビットとの

相互作用を行う操作をメソッドとして提供し、その操作によって時間発展する系の実態への操作はすべて隠蔽した。

qramanaの主要動作環境はブラウザ等のため、速度性能を重視していない。オープンソースとして公開されている量子計算ライブラリは種々あるが、それらは各開発元のクラウドシステムとの連携や研究を主用途に見込んでいる。そのため、量子回路のシミュレート機能や速度性能には焦点が当たるが、web開発向けを考慮されたものは少ない。qramanaはそれらと競合しないため、速度性能を重視しない。速度はあって困るものではないが、その本格的な実装には本プロジェクトの工数を大幅に割く必要があると見込まれ、優先度の高くない要件とした。

qramanaは開発効率化のため、いくつかのオープンソースに依存している。開発言語のTypeScriptもMicrosoft社のオープンソースプロジェクトである。qramanaでは、オープンソースの量子計算ライブラリであるjsqubitsに依存している。jsqubitsはJavaScript製で、qiskit-js等に採用実績がある。qramanaは量子計算の計算部分にjsqubitsを利用した。これはqramanaの早期リリースと改善のイテレーションを行うためである。jsqubitsは比較的古いオープンソースプロジェクトで、JavaScriptで記述されているため、直接TypeScriptから利用する型情報を持たない。これを解決するため、本プロジェクトではjsqubitsの作者に許可を得て、jsqubitsの型定義ファイルの作成を行った。型定義ファイルは公開されており、jsqubitsのドキュメントからリンクで参照されている。これにより、TypeScriptユーザはjsqubitsとqramanaという2つの量子計算ライブラリの選択肢を持つことができ、各々の開発内容に応じて適切なライブラリ選択を行える。

5. 期待されるユーザー価値と社会へのインパクト

本プロジェクトの想定ユーザは一般的なwebエンジニアである。すなわち、JavaScript/TypeScriptを用いた開発に慣れているが量子計算には詳しくない、というエンジニアを想定する。一般的なwebエンジニアが簡単に量子計算を扱える利用しやすいライブラリを提供することで、webエンジニアの量子計算領域への参入を期待する。参入が増えることで、量子計算を扱ったソフトウェアが増えることや、量子計算の社会認知が加速されることを期待する。

定量的な社会へのインパクトとして、本ライブラリのターゲットになりうるエンジニアの多さを挙げる。2017年時点で、日本のエンジニア総数はおよそ100万人程度とされている（IT白書）。また、GitHubの日本人ユーザは40万人程度と推計されている（<https://qiita.com/inamori/items/70177d7e5870bbbf5e50>）。GitHubにおけるJavaScriptの積極的ユーザは22%のため（<https://www.benfrederickson.com/ranking-programming-languages-by-github-users/>）、国別の言語利用率を無視すれば、8万人ほどが国内のJavaScriptユーザ、かつ、GitHubユーザであると言える。本プロジェクトの最大リーチしうる人数は8万人程度と見積もる。また、TypeScriptは近年ユーザ数増えている言語であるため、2020年現在はさらに大きなリーチしうる人数が期待できる。

6. 氏名

山下 広嗣

熊田 圭佑

松崎 出愛

安田 京太

(参考) 関連URL

- qramana: TypeScript library for quantum calculation
<https://github.com/qramana/qramana>