

事業項目 4

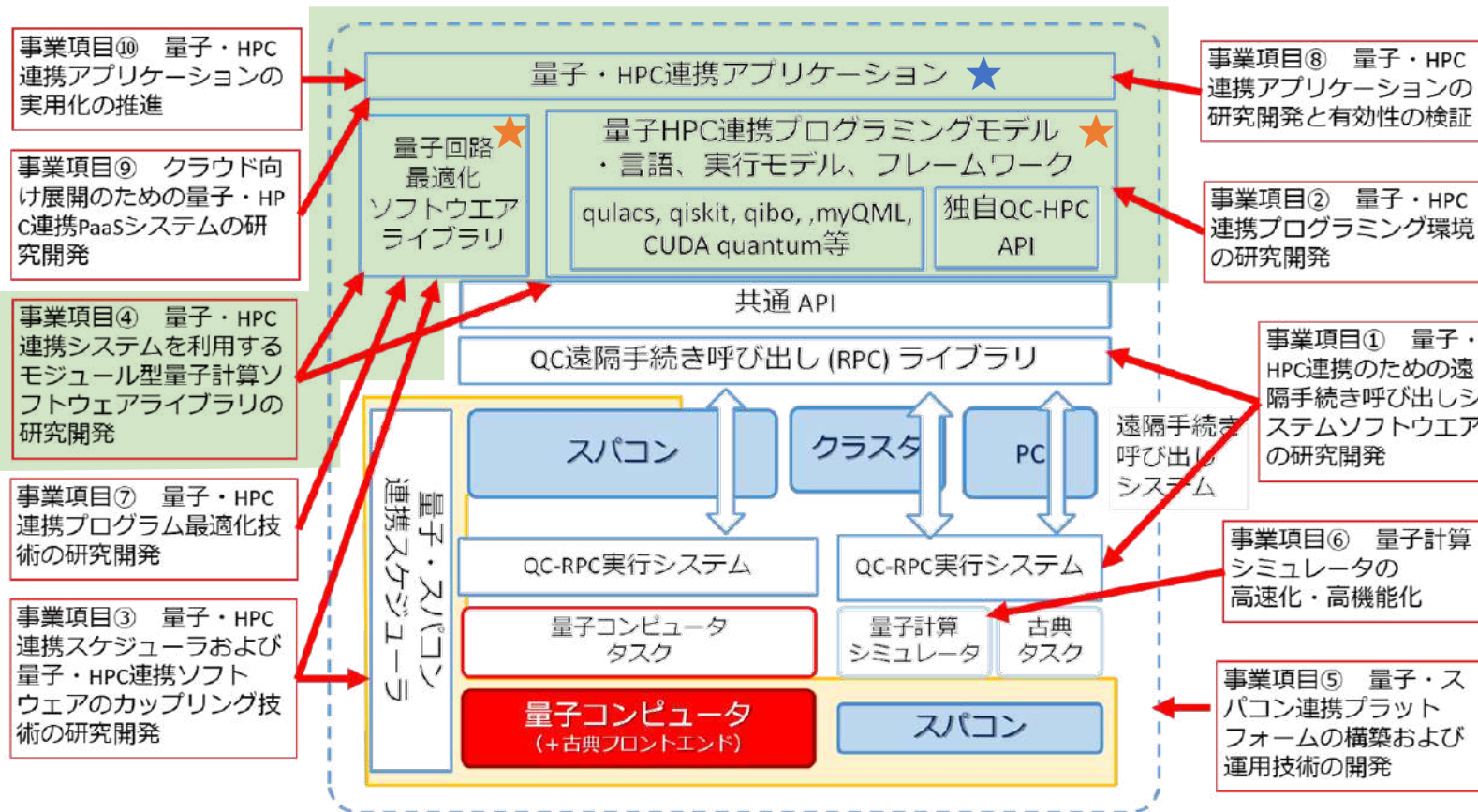
量子・HPC連携システムを利用するモジュール型 量子計算ソフトウェアライブラリの研究開発

上田宏

大阪大学 量子情報・量子生命研究センター

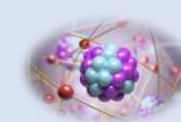


【量子・HPC連携システムを利用するモジュール型量子計算ソフトウェアライブラリの研究開発】

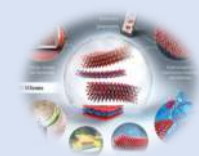


★の呼び出し&利用に対応したプラットフォーム非依存型量子計算ソフトウェア開発環境（**QURI Patrs**）を利用

★に資する4つのライブラリの開発



化学



物性/統計



機械学習



最適化

事業項目⑧ 量子・HPC連携アプリケーションの研究開発と有効性の検証

事業項目② 量子・HPC連携プログラミング環境の研究開発

事業項目① 量子・HPC連携のための遠隔手続き呼び出しシステムソフトウェアの研究開発

事業項目⑥ 量子計算シミュレータの高速化・高機能化

事業項目⑤ 量子・スパコン連携プラットフォームの構築および運用技術の開発

事業項目⑩ 量子・HPC連携アプリケーションの実用化の推進

事業項目⑨ クラウド向け展開のための量子・HPC連携PaaSシステムの研究開発

事業項目④ 量子・HPC連携システムを利用するモジュール型量子計算ソフトウェアライブラリの研究開発

事業項目⑦ 量子・HPC連携プログラム最適化技術の研究開発

事業項目③ 量子・HPC連携スケジューラおよび量子・HPC連携ソフトウェアのカップリング技術の研究開発

量子・HPC連携アプリの充実化

ユーザー数の拡大
アプリ開発の敷居低下

JST共創の場形成支援プログラム 量子ソフトウェア研究拠点

拠点ビジョン

量子ソフトウェア共創プラットフォーム
が拓く持続可能な未来社会の実現

ターゲット1

量子ソフトウェアによる
社会課題解決基盤の確立



窒素固定や光合成の解明を可能にする基盤技術の開発

NISQマシンだけでなく誤り耐性量子コンピュータの性能を引き出す基盤ソフトウェアとアルゴリズムを開発

ターゲット2

量子ソフトウェアの社会実装と普及



近未来のNISQの範囲で量子科学に基づくSDGs9(産業と技術革新の基盤)を目指し、民間企業参入を促す

産業規模の大きい金融・化学等の分野で量子ソフトウェアを社会実装し、これを通して人材を育成

ターゲット3

量子ソフトウェア開発プラットフォームの構築



自前の開発環境を整備し国際競争力を確保

自前の量子ハードウェア・ミドルウェア・クラウド環境を構築し、シミュレータや外部量子コンピュータ・サービスともシームレスに利用できるプラットフォームの実現

課題1

課題2

課題3

課題4

課題5

課題6

課題7

2018年
スタートアップ



2021年
スタートアップ
QuEL, Inc.



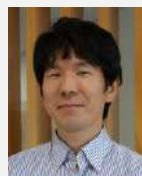
研究・開発体制

4

★ : 研究分担者

▲ : プロジェクト雇用研究員

量子情報・量子生命研究センター



上田 宏 ★
准教授
研究統括 &
ソフトウェア開発



宮腰 祥平 ▲
特任研究員
ソフトウェア開発



水上 渉
教授



吉田 悠一郎
特任研究員



杉本 貴則
特任准教授

化学

物性/統計



森 俊夫
特任研究員



束野 仁政
特任研究員

機械学習
最適化

基礎工学研究科

量子コンピューティング



藤井 啓祐
教授



箱嶋 秀昭
助教



御手洗 光祐
准教授



黄海 仲星
特任助教

D3センター

計算機システム・ネットワーク



伊達 進
教授



高橋慧智
准教授



吉田薪史 ▲
特別研究員S



中村祐一
招聘教授



細見岳生
招聘准教授

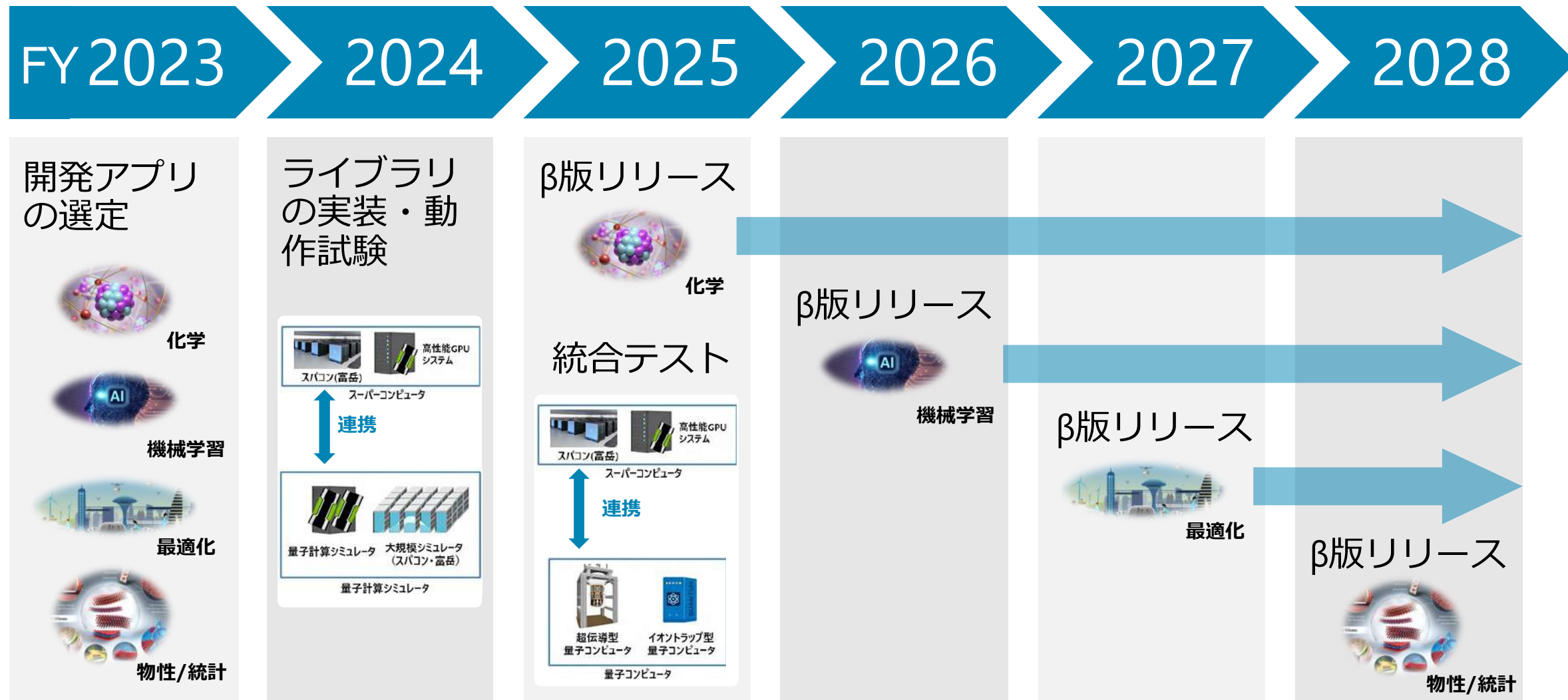
アプリ
開発 &
運用



SoftBank

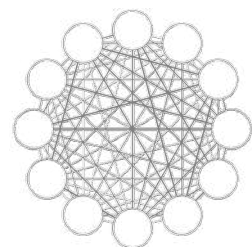


と連携

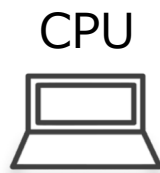




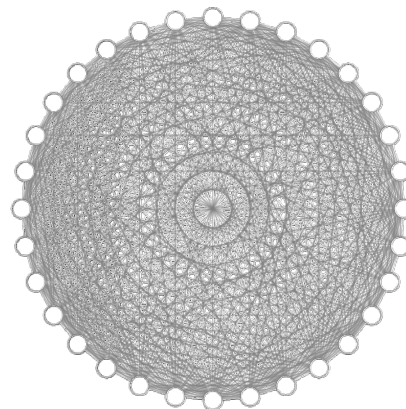
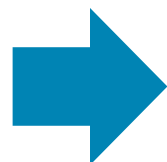
- Fixed-angle QAOA (FA-QAOA) PRA **104**, 052419 (2021).



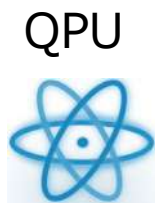
小規模
問題



CPU
量子回路の
内部変数決定



大規模問題



QPU
大規模量子回路の
実行&サンプリング

QSRHの量子ソフトウェア
勉強会で導入済み

テスト模型：
ランダムイジング模型
QUBO/HUBO模型

**QURI Patrs化した
ライブラリを準備済み**

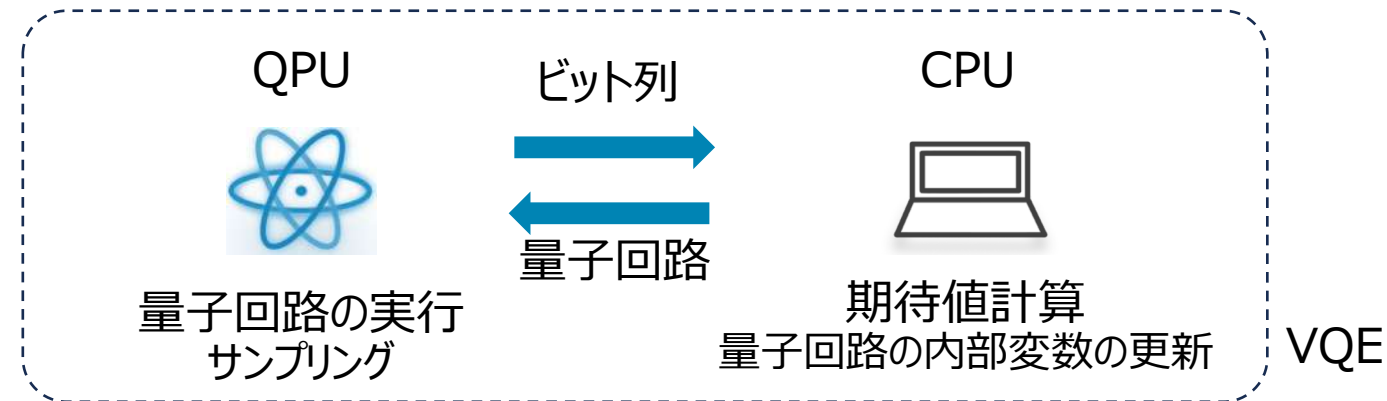
- ソフトバンク 先端技術開発部との連携を実施中
ターゲット：電波伝搬解析（今井ら，2021）
解決すべき課題：量子実機での大規模系への
アクセス





- 変分量子固有値ソルバー（VQE）で生成した機械学習のための量子回路セット

中山ら, arXiv:2302.09751



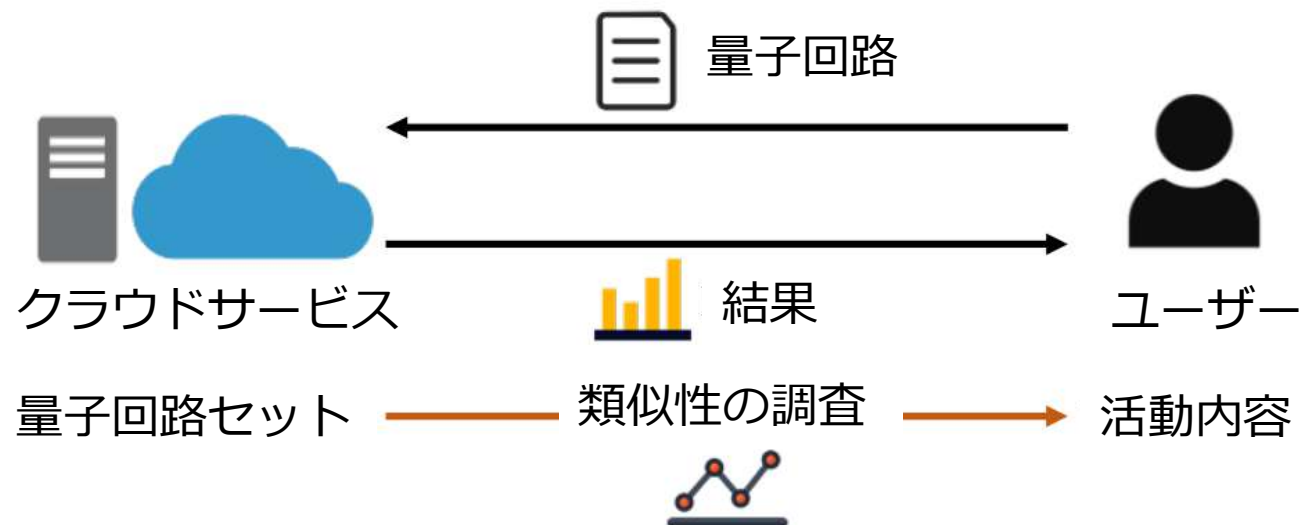
6種類のテスト模型

- ・（フラストレート）磁性模型
- ・強相関電子系
- ・トポロジカル絶縁体模型

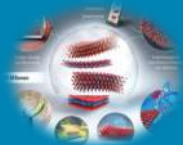


10種類の変分量子回路仮設

量子状態のFidelityという観点から
各量子回路の分類が可能



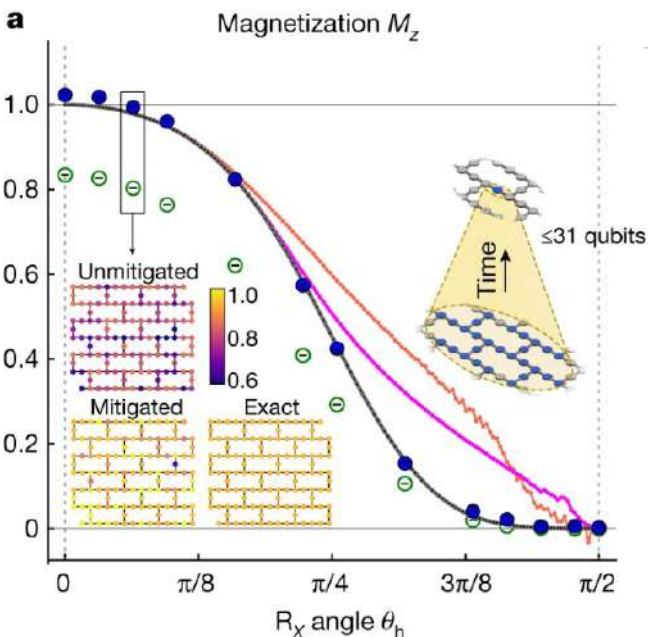
**QURI Patrs化した
ライブラリを準備済み**



• 横磁場Ising模型の量子ダイナミクス Nature **618**, 500 (2023).

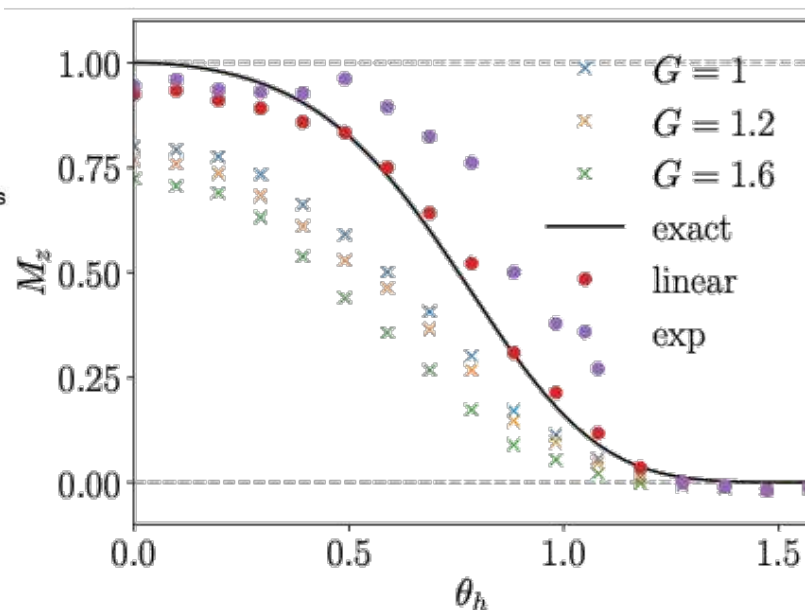
- 量子ユーティリティのさきがけ
- シンプルな磁性模型の実時間ダイナミクス

@ibm_sherbrooke

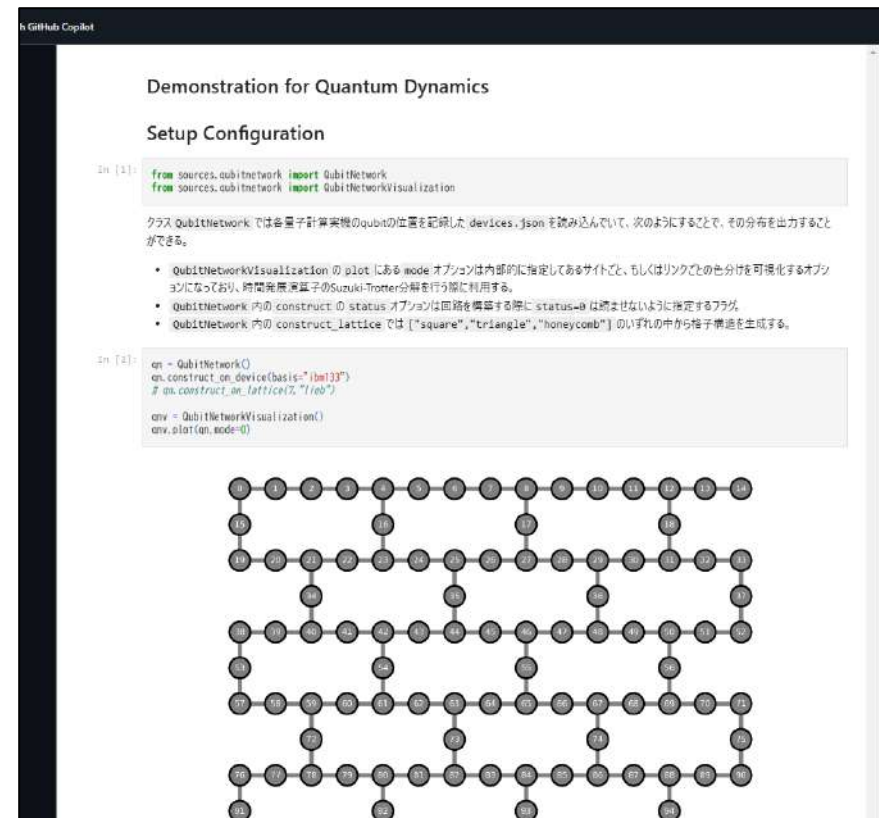


元論文データ

@ibm_brisbane



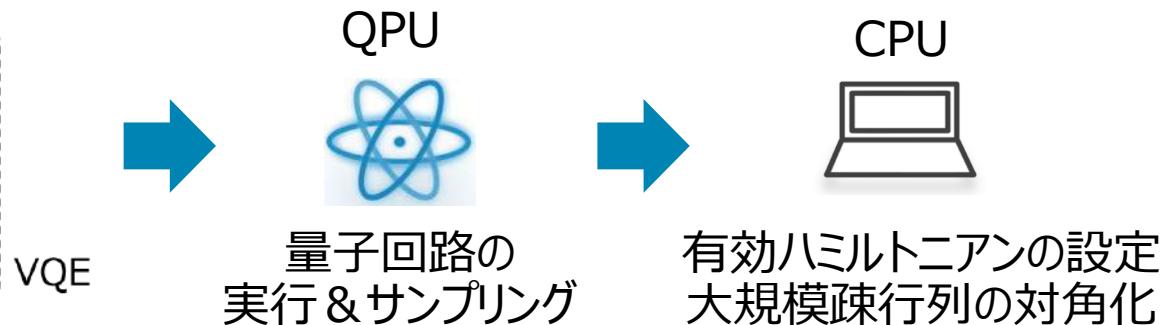
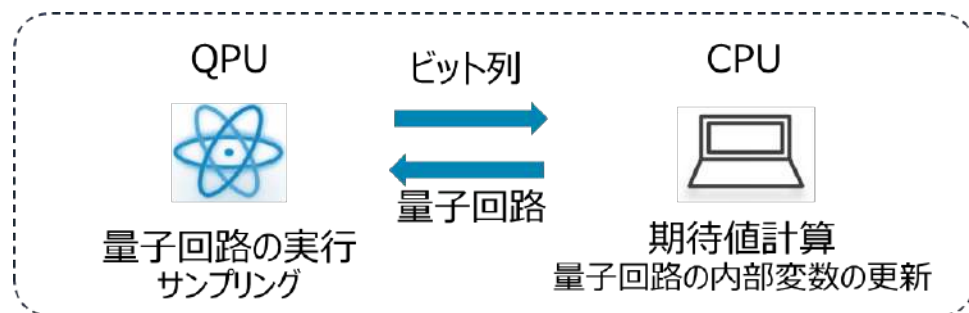
検証結果



QURI Patrs化した
ライブラリを準備済み



量子選択配置相互作用法 (QSCI) arXiv:2302.11320



Sample-based quantum diagonalization (SQD) [IBM-RIKEN, 2024] のベースとなるアルゴリズム

テスト模型

- ・水素鎖 (計算基底 : STO-3G)

主な開発内容 :

- ① 状態の量子回路化パートの高度化 (必ずしもQPUを使う必要はない)
- ② 対角化パートのMPI並列化
- ③ QURI Parts化

① 開発済み

T. Shirakawa, H. Ueda & S. Yunoki, Phys. Rev. Res. **6**, 043008 (2024).
宮腰, 杉本, 上田, 17pPSB-9, 日本物理学会 第79回年次大会, 北大, 2024.

②, ③ 現在開発中

2025年3月を目途に開発完了

各種ライブラリの富岳上での実行に順次着手

github.com/qiqb-osaka/JHPC-quantum-project4

README

JHPC-quantum 事業項目4

このプロジェクトに関連するソースコードのリポジトリ。次のものを置いている。

パス(アルファベット順)	内容	利用ライブラリ
● VQEGD4IBMQ	VQEで生成したデータセットをクラスタリングするプログラム	Qiskit / QURI Parts
aq_mnist	MNIST画像を次元削減しAQCEで量子状態に埋め込むサンプル	Qiskit
● dynamics	IBM Quantumによる時間発展のプログラム	Qiskit / QURI Parts
● qaoa_tutorial	QAOAのチュートリアル	QURI Parts
qaoa_tutorial_org	QAOAのチュートリアル	Qulacs
qcl	量子機械学習（回帰）を並列実行するプログラム	Qiskit
qiskit_tutorial	IBM Quantumを利用するサンプル	Qiskit
qkernel	量子カーネルを並列実行するプログラム	Qiskit
qsci	IBM Quantumを用いたQSCIのプログラム	Qiskit
quantinuum_tutorial	Quantinuumを利用するサンプル	pytket
quri_parts_ibm	QURI PartsからIBM Quantumを利用するサンプル	QURI Parts
qv_qiskit	IBM QuantumでQVを算出するプログラム	Qiskit