

富士通における 量子コンピューティング への取り組み

2025年4月25日

富士通株式会社

富士通研究所 量子研究所

近藤正雄

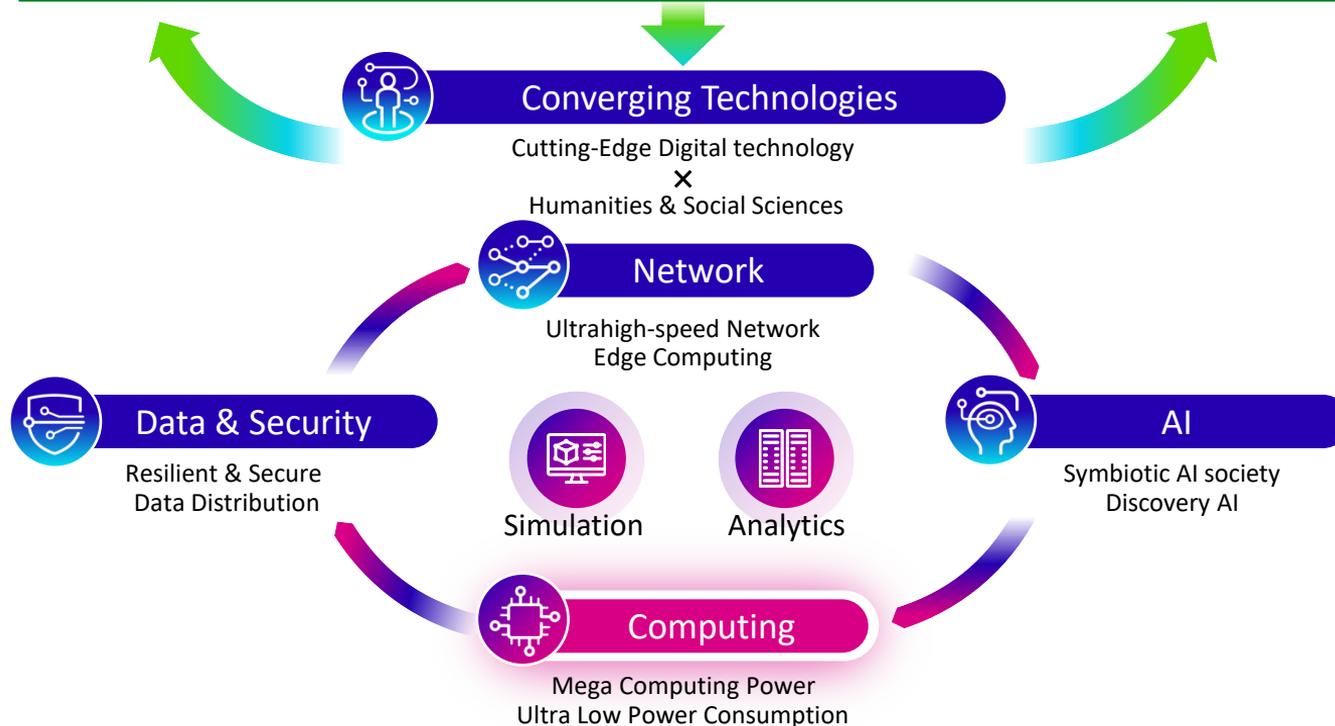


Our Purpose

わたしたちのパーパスは、
イノベーションによって社会に
信頼をもたらし、世界をより
持続可能にしていくことです。

Technology Vision

Fujitsu
UVance



FUJITSU



- Human Sensing
- Social Digital Twin



- Open Network
- Intelligent NW Orchestration
- Green Technologies



- AI ethics & Explainable AI
- AI large-scale simulation



- Digital trust technology
- Blockchain

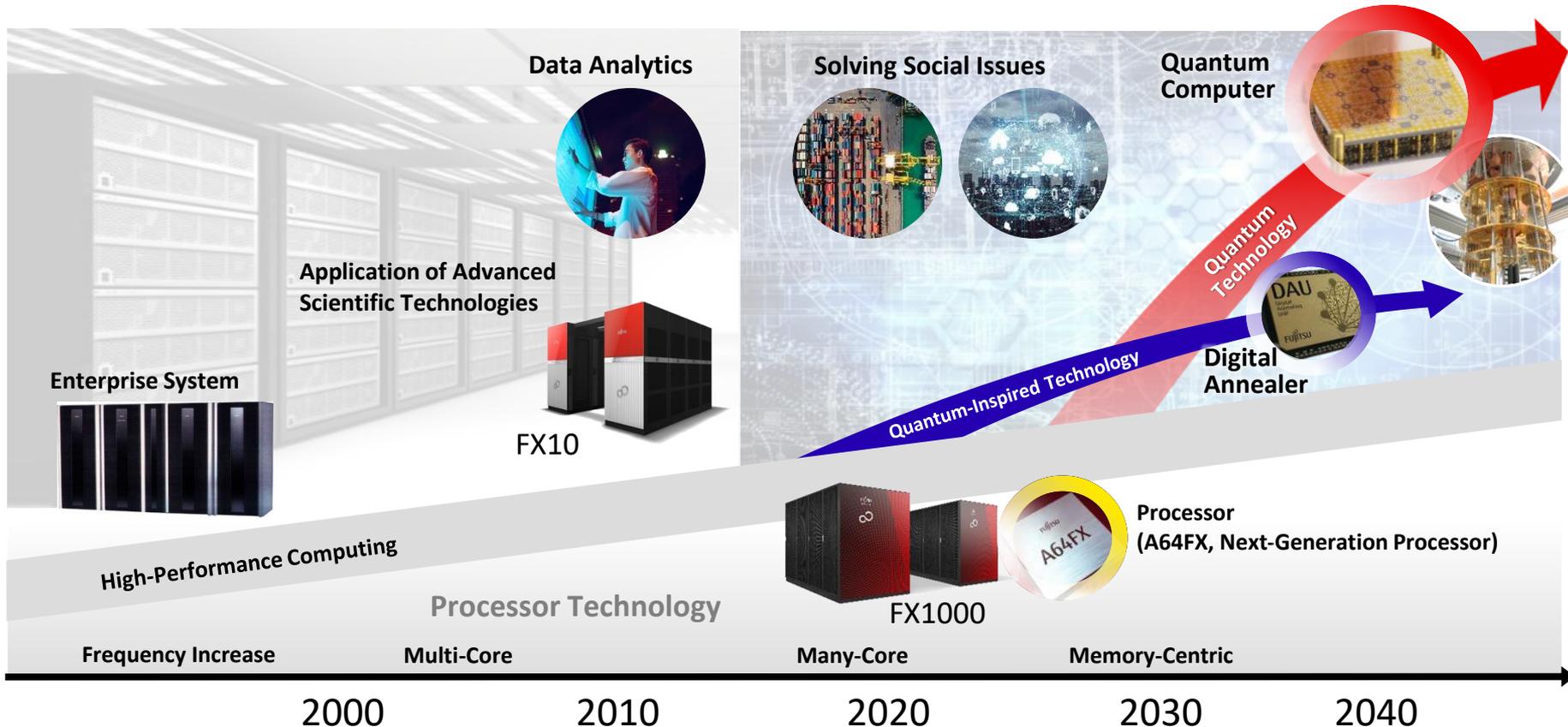


- HPC
- Quantum Inspired
- Quantum Computer

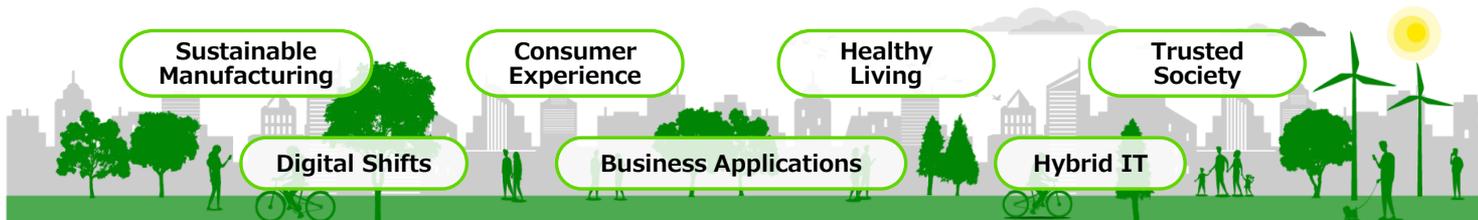
富士通のコンピューティングへの取り組み



(By courtesy of RIKEN)



Computing as a Service Vision



アプリケーション



プラットフォーム



Available on
Public Cloud
(Amazon Web Services
/ Microsoft Azure)

ミドルウェア

OS

ハードウェア

High Performance Computing (HPC)

A64FX Technology

Quantum-Inspired Technology

Digital Annealer Quantum Simulator

Quantum Technology

Superconducting Qubit
Diamond Spin Qubit

写真提供：理化学研究所

量子コンピュータの分類

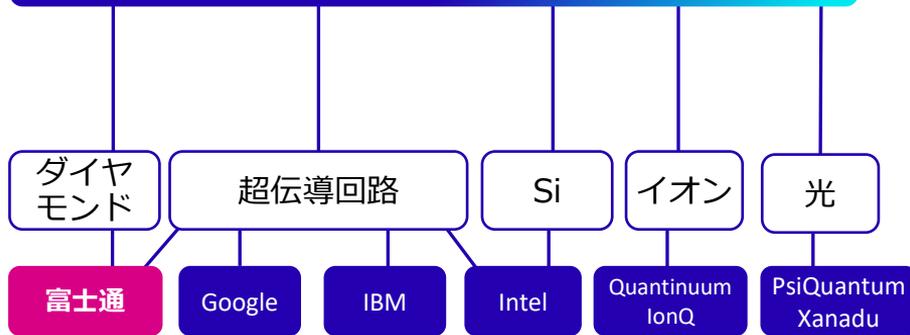
動作原理の違いにより、量子ゲート方式とイジングマシン方式に分類

- 量子ゲート方式では超伝導、シリコン、イオントラップなど様々な方式が提案

量子 / 量子インスパイアードコンピュータの分類

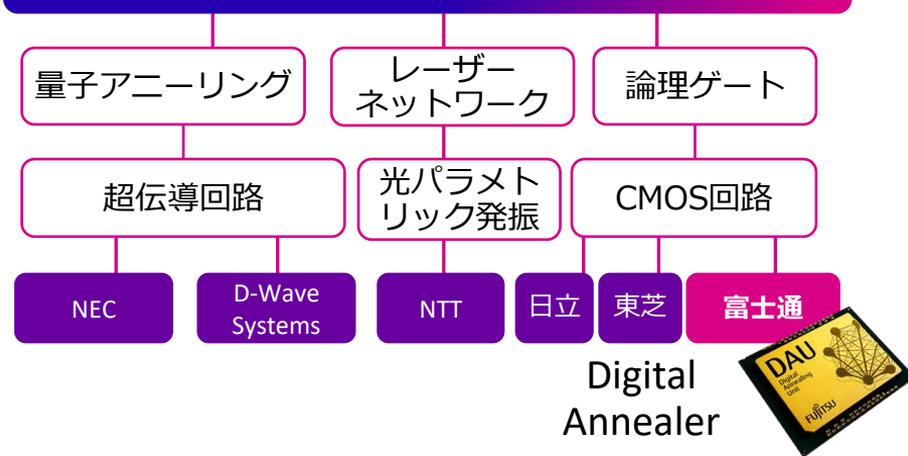
量子ゲート方式

従来のコンピュータのような汎用処理が可能



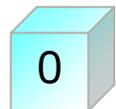
イジングマシン方式

組合せ最適化問題に特化

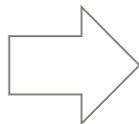


量子力学的効果を利用して、飛躍的な高速化を実現

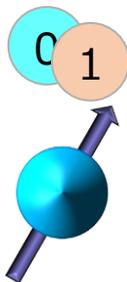
従来の
ビット



または



量子ビット：0と1の重ね合わせ状態をとれる



Click to add text

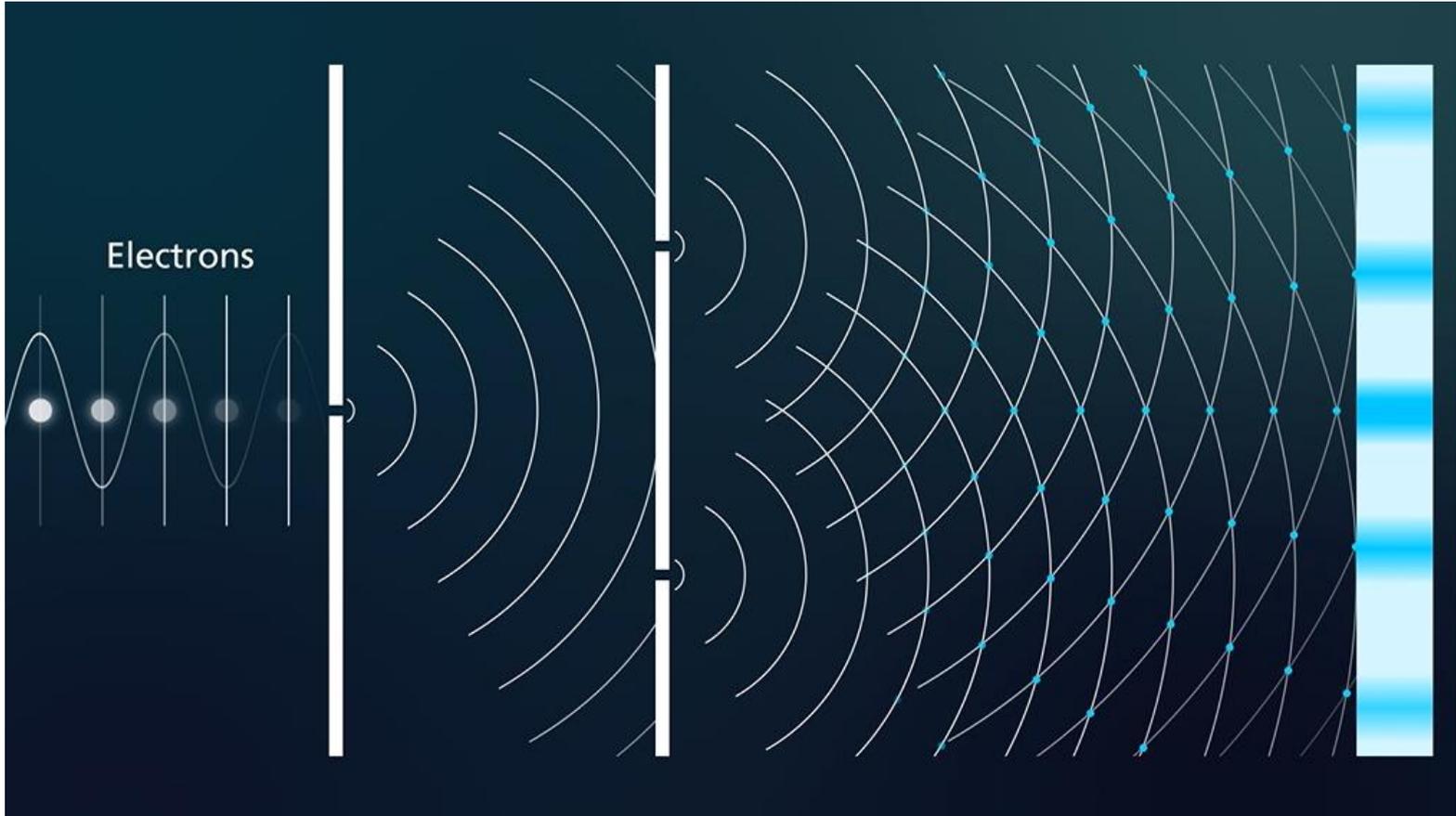


Nビット → 2^N の状態

従来： 2^N の状態を逐次計算

量子：
 2^N の状態を同時計算し、量子力学的効果により解をあぶりだすことにより、指数関数的高速化を実現

二重スリット実験



量子コンピュータにより解決が期待される課題

現在のコンピュータでは原理的に高精度 / 高速計算が困難な、量子化学計算や複雑系の計算など

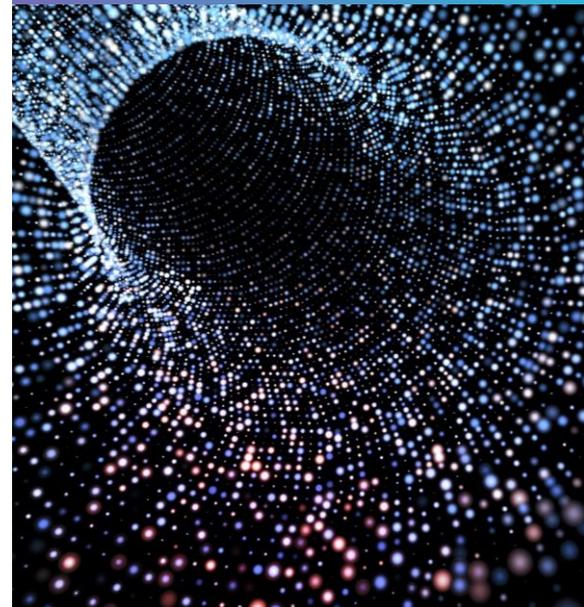
新しい材料や医薬の発見



金融や経済の動向予測

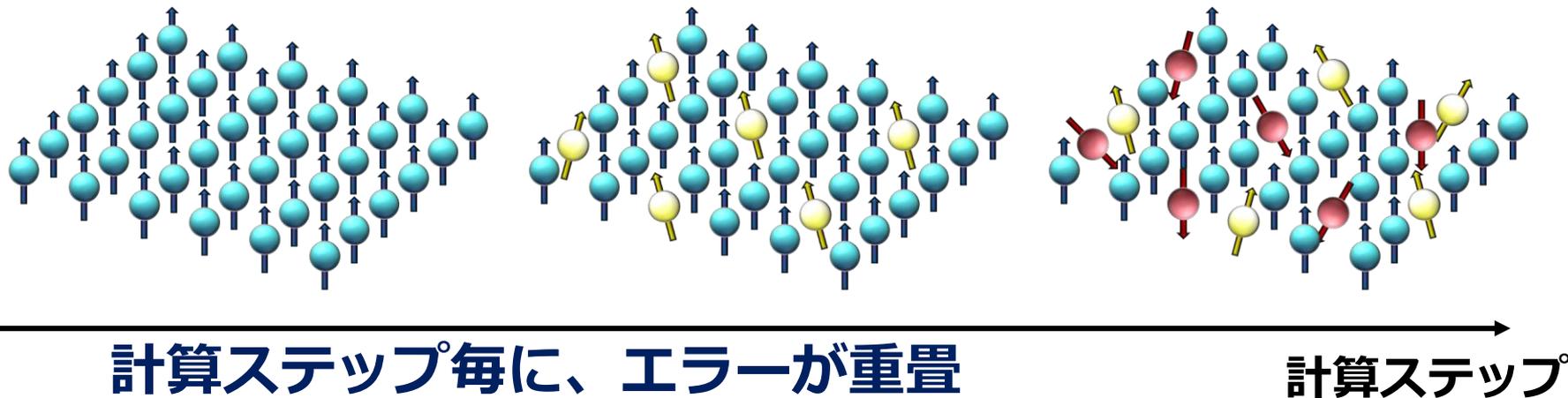


産業を変革する新原理の発見



エラーによる精度低下の改善にはソフトウェア技術が重要

- 量子ビット操作精度は99%超まで向上したが、計算ステップ毎にエラー重畳
- 当面はエラー緩和アルゴリズムなどによる精度の向上が必要
- 大規模量子コンピュータの実現にはエラー訂正技術が必須



※矢印の向きは理想値からの相対誤差のイメージ

富士通の量子コンピューティング研究開発戦略



- 量子デバイスから基盤ソフト、アプリまですべての領域に、世界有数の研究機関と取り組む
- ソフトウェア技術に注力する一方、ハードは幅広く可能性を追求
- 量子シミュレータを活用し、エンドユーザーと早期からアプリケーション開拓に取り組む

量子アプリケーション



材料



創薬



金融、など、エンドユーザーとの共同研究を推進

富士フィルム、東京エレクトロンなど

デルフト工科大

量子基盤ソフトウェア

QunaSys
アルゴリズム

キーサイトテクノロジー
エラー緩和技術

大阪大学
エラー訂正技術

量子プラットフォーム

モデルウェア

コンパイラ

クラウド技術

量子状態制御

理化学研究所
超伝導方式

デルフト工科大
ダイヤモンドスピン方式

其他方式
幅広く検討

量子デバイス／集積

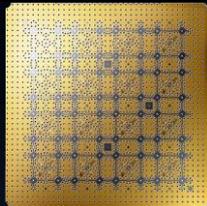
64量子ビット量子コンピュータの発表 (2023.10)



Press release:

[超伝導量子コンピュータを開発し、量子シミュレータと連携可能なプラットフォームを提供：富士通](#)

64量子ビットチップ (宇宙より冷たい空間に配置)



©RQC

- 理研RQC-富士通連携センターにて、国産2号機を開発
- 今後、産業界を中心に共同研究ベースでご利用頂き、量子アプリケーションを開拓



© RIKEN Center for Quantum Computing

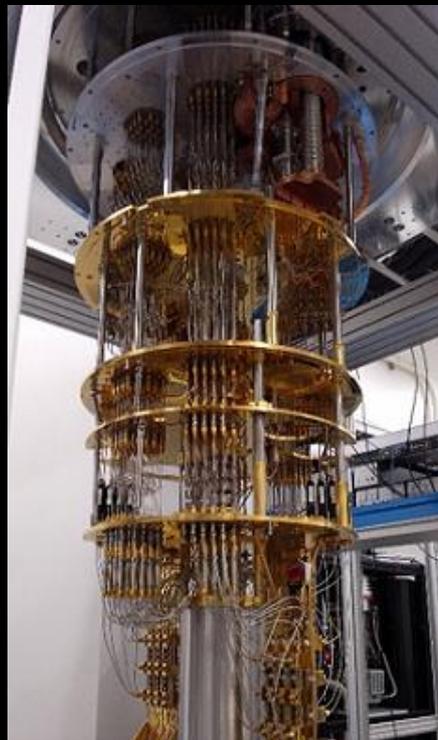
© 2025 FUJITSU LIMITED

256量子ビット量子コンピュータの発表 (2025.4.22)

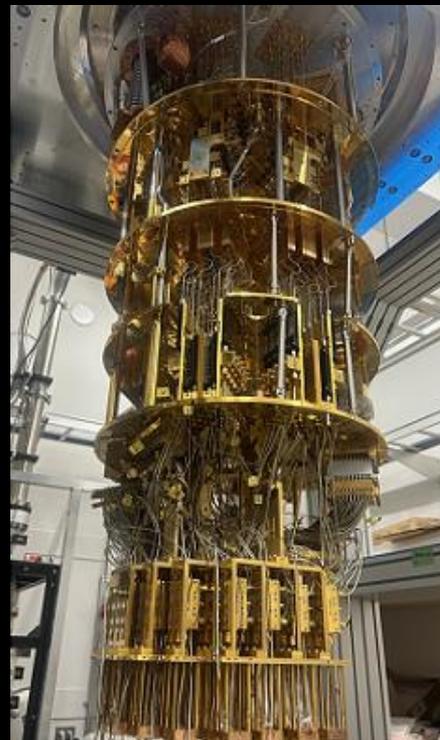
- 理研RQC-富士通連携センターに設置
- 64量子ビット機と同じ希釈冷凍機を使用しながら4倍の実装密度を実現

Press release:

<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2025/04/22.html>



64量子ビット機

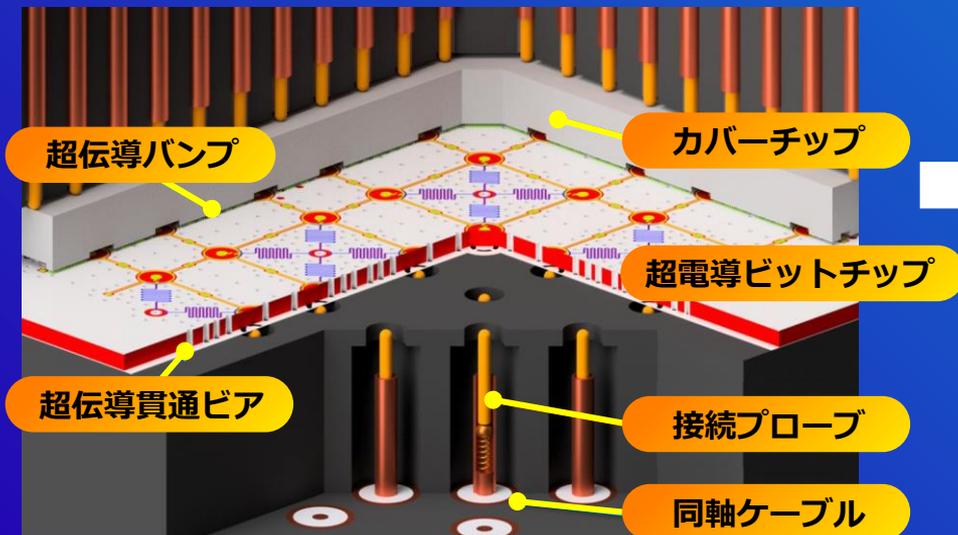


256量子ビット機

超伝導量子ビットチップ

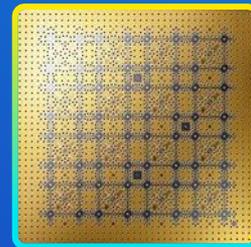
3次元接続構造の採用により、設計変更することなく
容易に1000量子ビットに拡張可能

3次元 接続構造

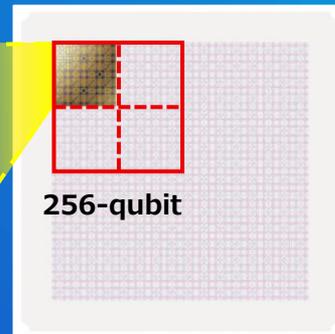


64-qubit

1,024-qubit

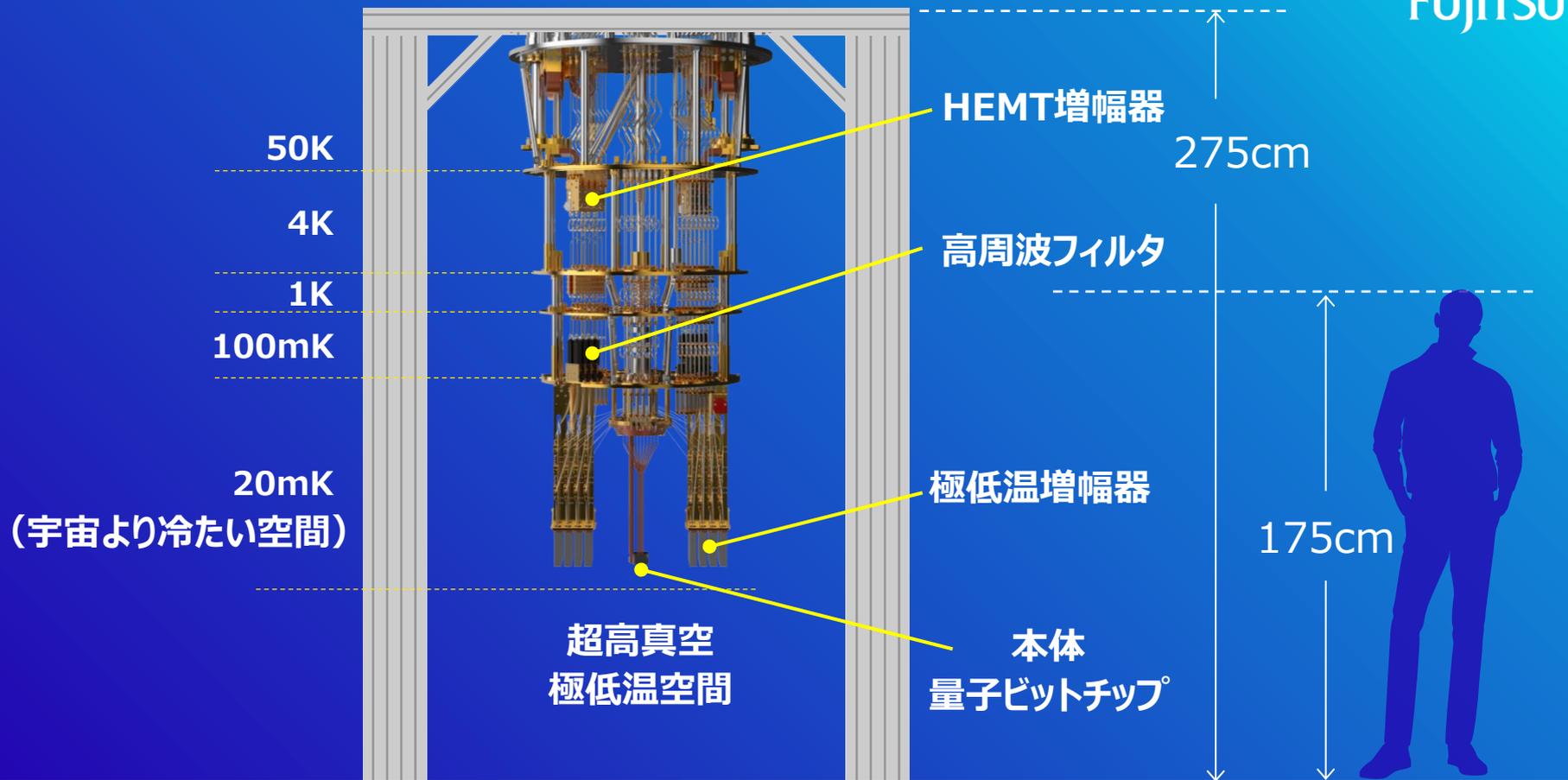


@RIKEN



256-qubit

タイル状に配置することで拡張可能

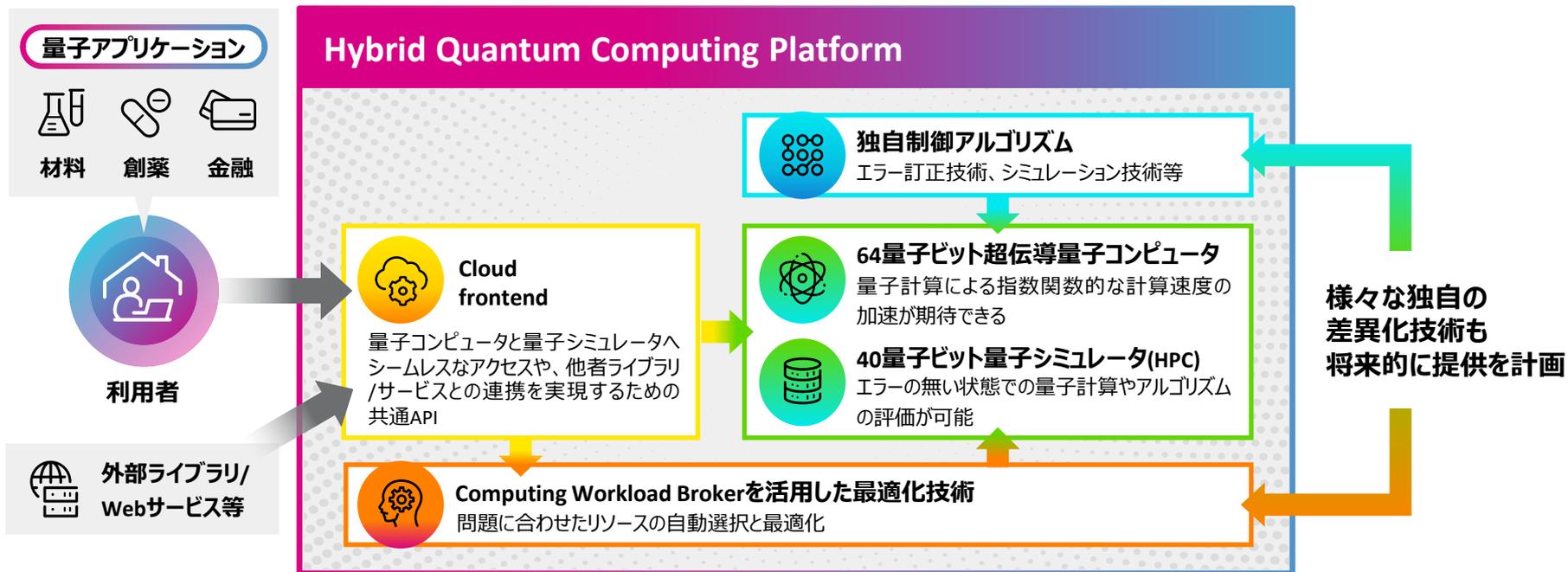


40 量子ビット量子シミュレータ

- 状態ベクトル型の常設専用量子シミュレータとして世界最大規模
 - ✓ スーパーコンピュータ「富岳」のチップA64FX搭載
PRIMEHPC FX700のクラスタシステム：1024ノード
- 顧客連携によるアプリケーション探索
 - ✓ 材料、金融系企業と共同研究を継続
 - ✓ 量子シミュレータチャレンジ：世界中の企業・大学によるアプリケーション探索コンペティションを開催中
- 新方式の大規模量子シミュレータの開発
 - ✓ テンソルネットワーク型
 - ✓ 決定グラフ型



- 連携センターで開発した量子コンピュータと量子シミュレータのシームレスな操作を実現
- 量子コンピュータと量子シミュレータ双方のメリットを活かした計算手法の開発にも活用



量子アプリケーション開拓

- 富士通は、既にお客様と共同研究を推進している量子シミュレータを用いた先駆的な量子アプリケーションの開発においても、本プラットフォームを活用
- 量子コンピュータ開発・運用において理研と連携しながら、材料、金融、創薬などの様々な領域で、実用的なハイブリッド量子アプリケーションを開拓



共同研究を実施中
のお客様

富士フイルム株式会社

三菱ケミカルグループ株式会社

東京エレクトロン株式会社

みずほ第一フィナンシャル
テクノロジー株式会社

Quantum Simulator Challenge 表彰式

FUJITSU

富士通量子シミュレーターを利用した量子アプリ開拓コンペティションの第2回目
13カ国、46チームが参加、賞金総額 US\$100,000

入賞チーム

優勝： デルフト工科大学（オランダ）

富士通量子シミュレーターによる産業用シフトスケジューリング

準優勝： イルメナウ工科大学（ドイツ）

QuPIV - 粒子画像流速測定のための量子相互相関

3位： 株式会社Qunasys（日本）

量子位相推定アルゴリズムの大規模シミュレーション

関連記事：

<https://global.fujitsu/ja-jp/technology/key-technologies/news/ta-quantumchallenge-20250328>

初の商用機の納入

- 産業技術総合研究所に納入
- 量子コンピュータのテストベッドとしてグローバルに提供

Press release:

<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2024/06/18.html>

PRESS RELEASE

2024年6月18日
富士通株式会社

産業技術総合研究所様が富士通の超伝導量子コンピュータシステムの導入を決定

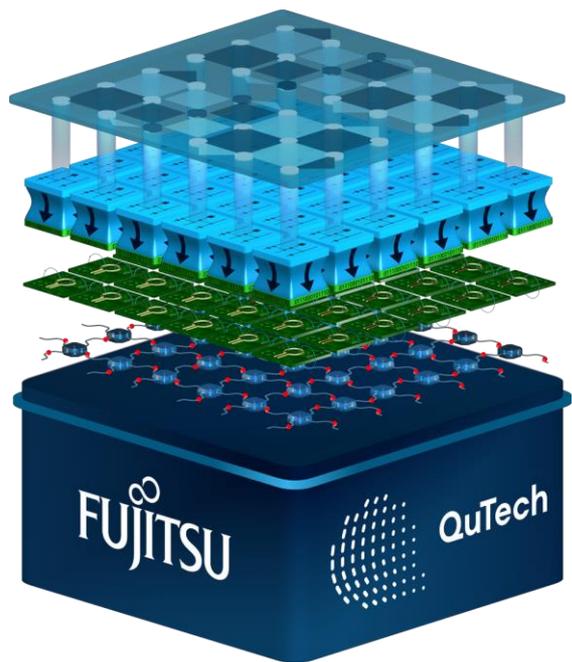
国内ベンダーの商用量子コンピュータシステム初受注

当社は、国立研究開発法人産業技術総合研究所^(注1)（以下、産総研）様の「超伝導ゲート型量子コンピュータ」を2024年5月15日に受注しました。

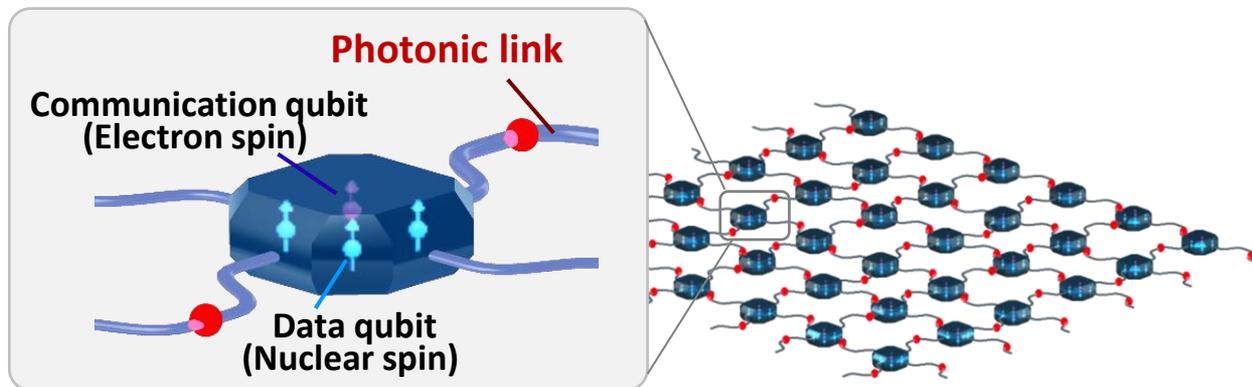
当社は2021年4月に国立研究開発法人理化学研究所^(注2)（以下、理研）様と共同で、理研RQC-富士通連携センターを設立し、超伝導量子コンピュータの大規模化を目指した共同研究を実施してきました。このたび受注した超伝導量子コンピュータは、理研RQC-富士通連携センターにて培った技術を活用し、当社が実用化したコンピュータシステムで、2025年初旬に産総研 量子・AI融合技術ビジネス開発グローバル研究センター（以下、G-QuAT）様にて稼働する予定です。国内ベンダーが、商用量子コンピュータシステムを受注したのは初めてです。

スケーラブルなモジュール型量子コンピュータに向けたダイヤモンドスピン技術

- 量子モジュールはダイヤモンド内の電子スピンと核スピンで構成
- 量子モジュール同士は光リンクで接続され一つの量子システムとして機能
- 比較的高温 (> 1 K) で動作可能で良好なスケーラビリティ

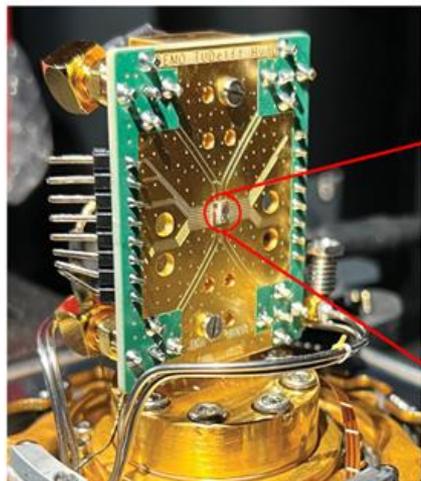


モジュール型アーキテクチャー



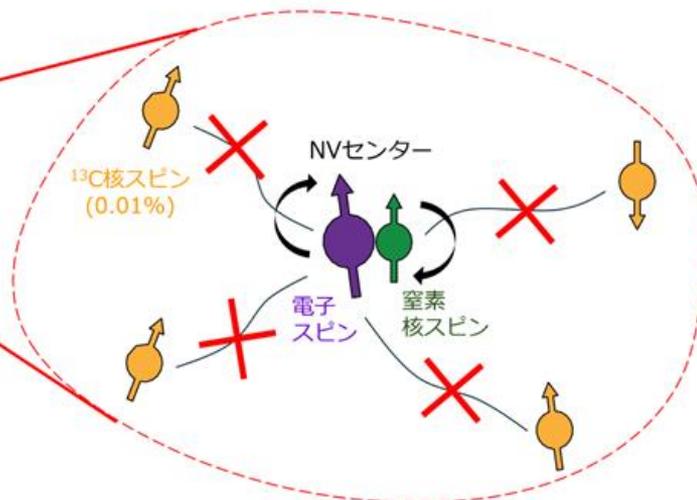
ダイヤモンドスピン量子ビットの高精度量子ゲート 操作技術を開発

- 誤り訂正を可能にする、エラー確率0.1%未満の高精度操作に世界で初めて成功



量子ゲート操作の実証に用いたサンプル
* 図中の赤丸で囲んだ部分がダイヤモンドチップ

^{13}C 核スピンとカップリングしないように、電子スピン・窒素核スピンに対して量子ゲート操作を可能にする技術



- ✓ 高純度ダイヤモンドの使用による環境ノイズ源の低減
- ✓ 環境ノイズを低減するデカップリングゲートの設計
- ✓ ゲートセットトモグラフィの適用

Press release on March 24, 2025

<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2025/03/24-1.html>

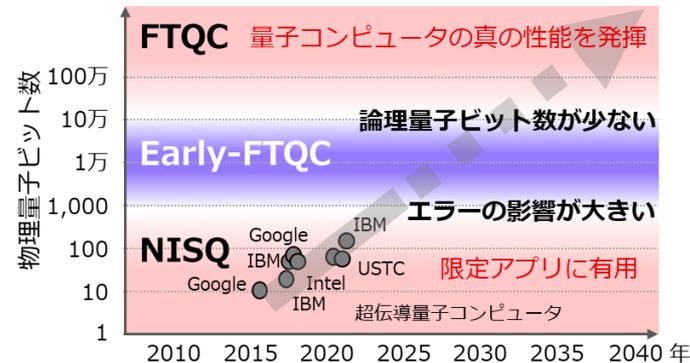
新量子計算STARアーキテクチャ

<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2024/08/28.html>

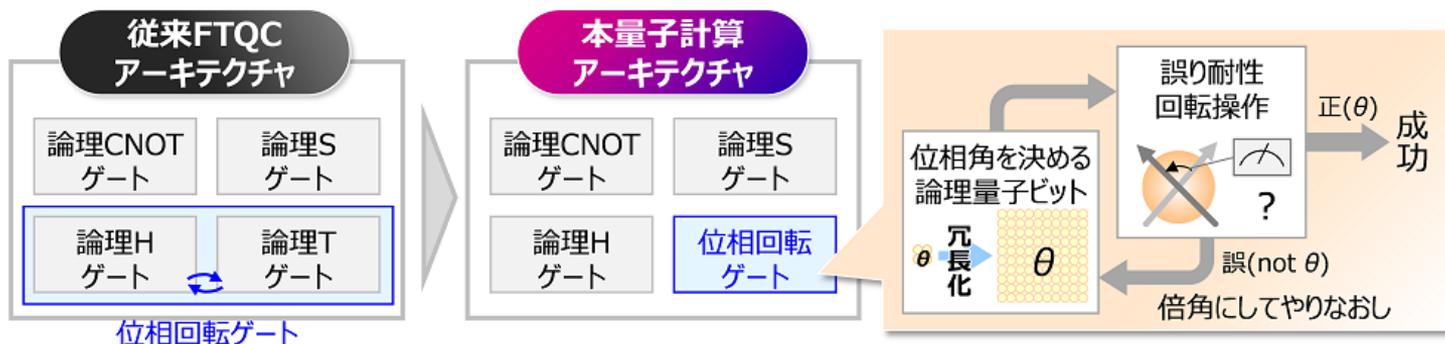
- 現状のNISQや FTQCの考え方では過渡期である Early-FTQC時代に量子コンピュータの性能を十分に発揮できない
- 量子ビット数とゲート操作回数を削減するため、基本量子ゲートセットに新開発の位相回転ゲートを世界で初めて導入

<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2023/03/23.html>

Y. Akashoshi, et al., *PRX Quantum* 5, 010337 (2024)



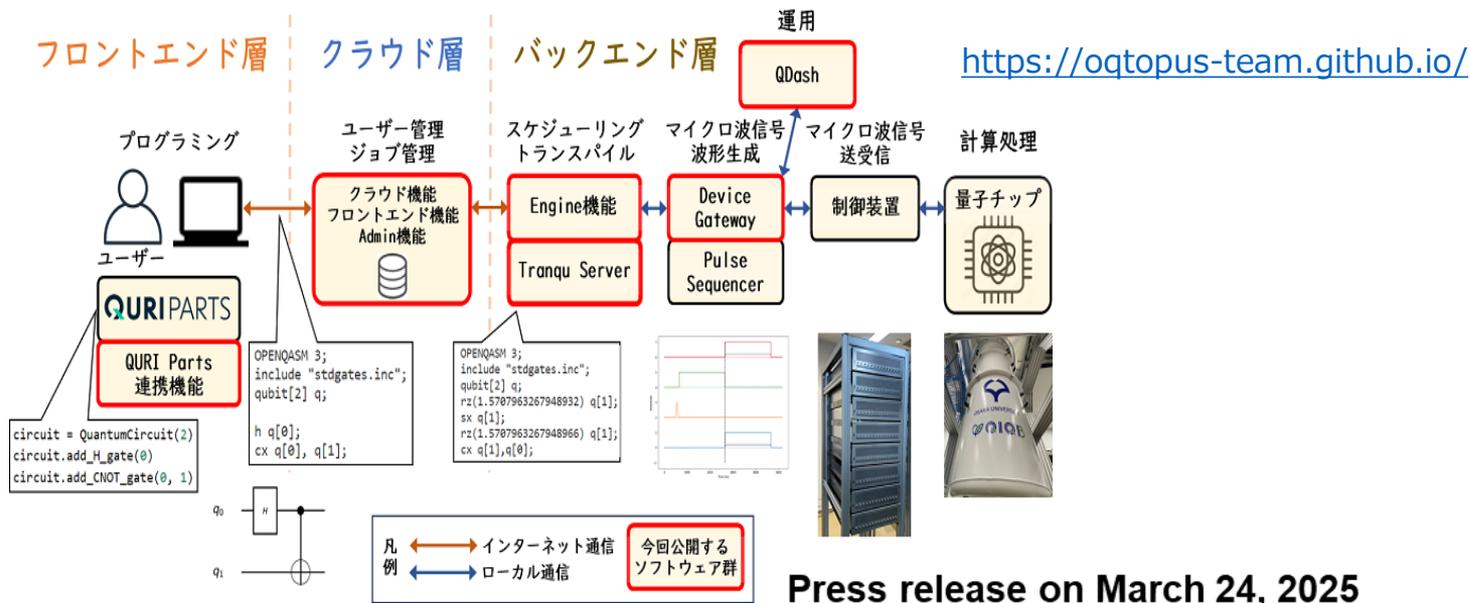
NISQ: Noisy Intermediate-Scale Quantum computer
FTQC: Fault-Tolerant Quantum Computer



材料分野の実用アルゴリズムにおいて、6万量子ビットで量子優位性が実現できることを試算

量子コンピュータ・クラウドサービス向けの世界最大規模の 基本ソフトウェア群をオープンソースとして公開・運用開始

- 自由にカスタマイズ可能であることを特長とする量子コンピュータの基本ソフトウェアOpen Quantum Toolchain for Operators and Usersをオープンソース化し、提供開始
- 量子コンピュータの基本ソフトウェアに関するオープンなコミュニティを形成し、今後の技術革新を促進



Press release on March 24, 2025

<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2025/03/24.html>

今後について

将来の社会課題解決を目指し、大規模シミュレータ・実機を順次公開

2023.7

世界最大級の40量子ビット量子シミュレータ開発
その規模と高速性によりアプリ開発を加速

2023.10

理研RQC-富士通連携センターにおいて、
超伝導量子コンピュータ公開（64量子ビット）
量子アプリケーションの実機検証を開始



2025.3

理研RQC-富士通連携センターにおいて、
大規模な超伝導量子コンピュータ公開
（256量子ビット）

FY2026

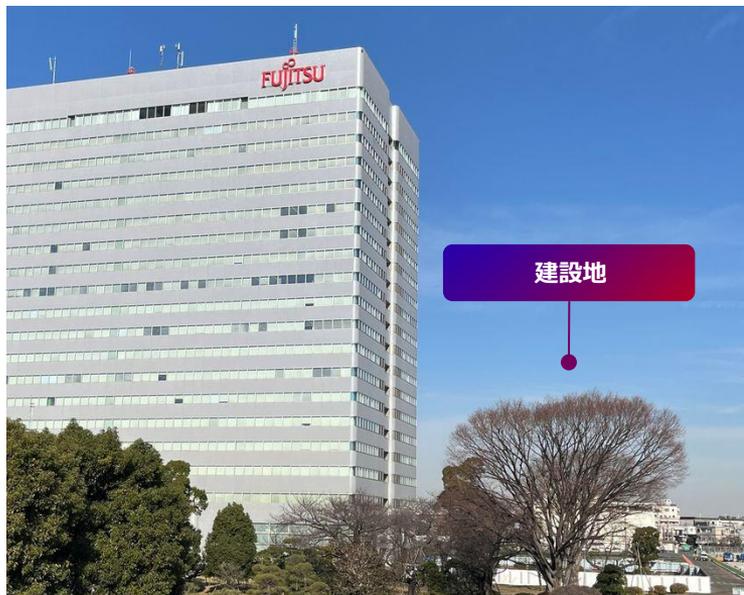
1000量子ビット超の超伝導量子コンピュータ公開

FY 2020

2030

1000量子ビット機の開発

- 1000量子ビット機用の施設をFujitsu Technology Parkに建設中
- 1000量子ビット機を開発し、2026年度に提供開始予定



施設建設地



施設の完成予想図

Thank you

