

ABCI-Q: 量子・古典融合計算基盤

国立研究開発法人産業技術総合研究所

量子・AI融合技術ビジネス開発グローバル研究センター (G-QuAT)

量子・AIクラウド研究チーム チーム長

滝澤 真一郎

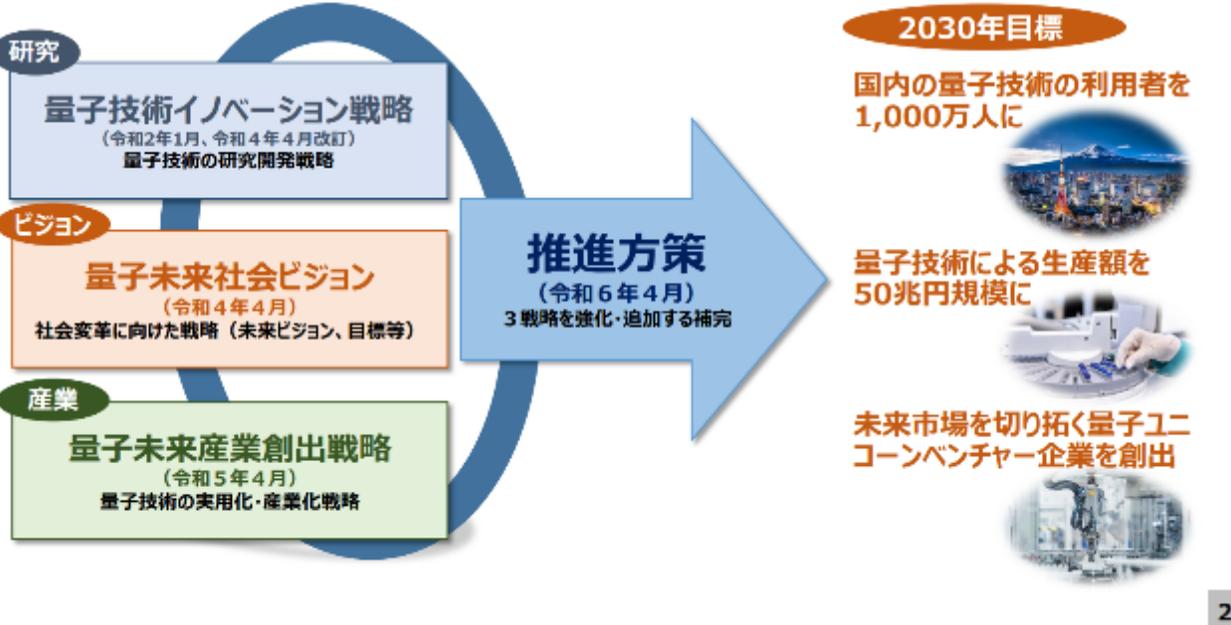
- 「量子未来産業創出戦略」に基づき、**グローバルエコシステム構築**を目的として、2023年7月27日に設立
- 主な取組は、**ユースケース創出、サプライチェーン構築、ビジネスエコシステム構築**等



G-QuATの主な役割は産業支援
(最先端設備・環境と研究開発成果・ビジネス機会の提供)

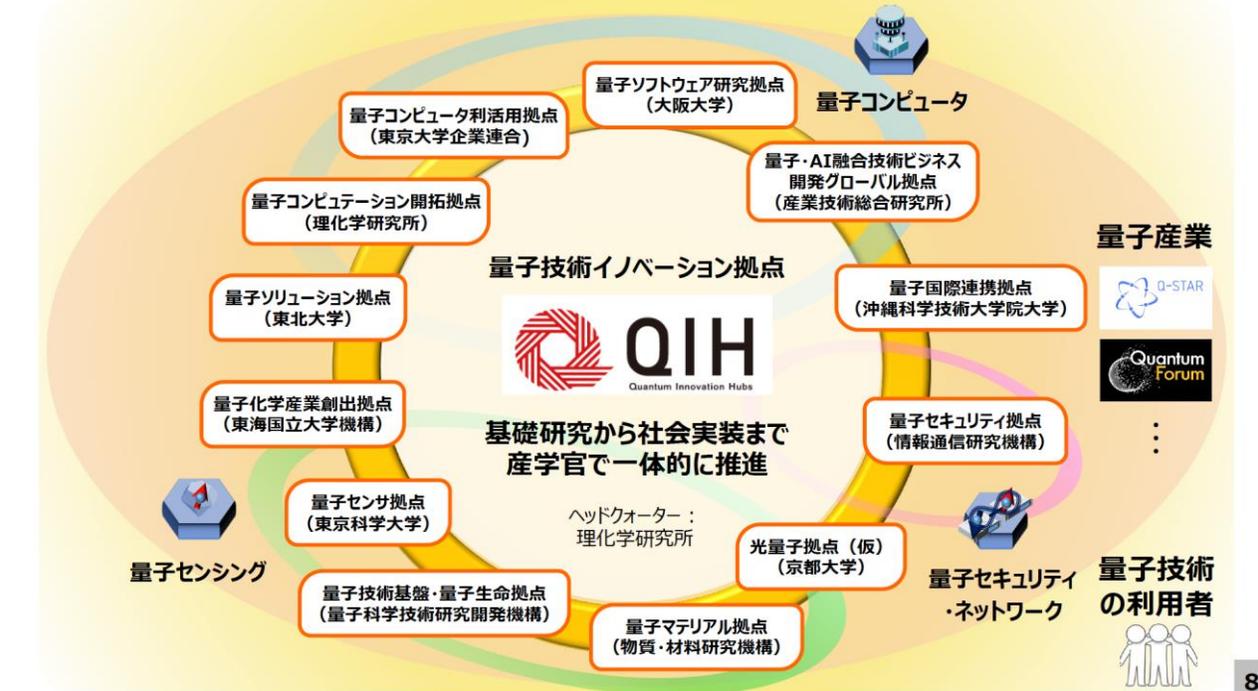
量子産業の創出・発展に向けた推進方策

- ✓ この推進方策は、量子技術の進展や各国の戦略、国内外の実用化・産業化の状況変化にいち早く対応するため、**現在の政府戦略の下、早急に強化・追加すべき内容**をまとめたもの
- ✓ 2030年目標に向けて“**3戦略を強化し補完する方策**”の報告書である



量子技術イノベーション拠点 (QIH) の連携強化

米英や欧州など主要国は相次いで研究開発や産業化体制を強化
⇒ 我が国の競争力強化のため、研究開発、産学官連携、国際連携、人材育成を担うQIHの連携を強化
・各拠点の強みを核とし、それぞれの自主性・自立性を活かしながら活動を発展



出展：「量子エコシステム構築に向けた推進方策」(令和7年5月30日、量子技術イノベーション会議)
https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/250530_q_ecosys_gaiyo.pdf

- ユースケース創出、産業レベルの量子コンピュータやサプライチェーン構築に向けた支援機能
- スタートアップのビジネス拡大や大企業・中小企業等の既存産業からの事業転換支援
- 日本の強みを伸ばし、戦略的な国際連携で市場を早期創出し、日本の市場占有率を拡大

(1) 量子・古典融合計算基盤 産業向けユースケース開発 量子コンピュータの運用と改良



ABCI-Q



中性原子量子コンピュータ (QuEra)
超伝導量子コンピュータ (富士通)、他

(2) 評価テストベッド 部素材評価サービス システムレベル評価と装置化支援



Qubed

タンデム冷凍機(4K ~ 300 K)
ハイスループット希釈冷凍機(10 mK ~ 4K)
中規模・大規模希釈冷凍機
1000量子ビット以上の制御装置
レーザなど光学系装置、他

(3) デバイス製造技術 デバイス製造サービス 設計機能の強化と性能保証

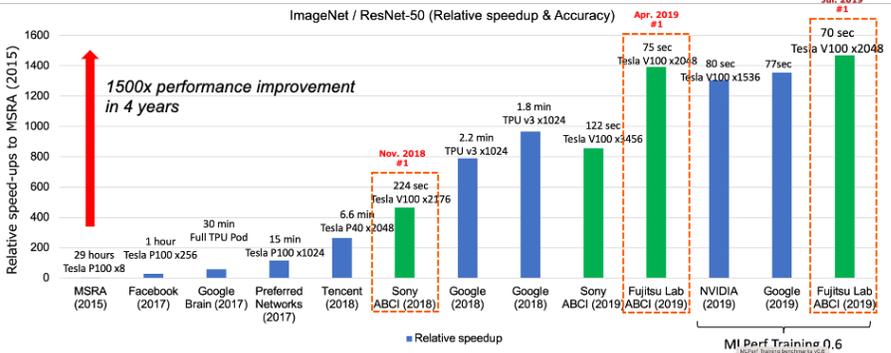


Qufab

超伝導デバイス・回路製造サービス
設計技術・機能の強化
(PDK・設計用パラメータの提供)
デバイス性能評価機能の強化

World records in "MLPerf training" benchmark

LLM Building Support Program in 2023



ABCI 1.0: 0.55 Exa FLOPS
NVIDIA V100 x4352



ABCI 2.0: 0.85 Exa FLOPS
+NVIDIA A100 (40GB)x960



ABCI 3.0: 6.22 Exa FLOPS



GPUベースのスーパーコンピュータを中心に、様々な量子コンピュータを用途に応じて組み合わせることができる量子・古典融合計算基盤を構築

GPUスパコン

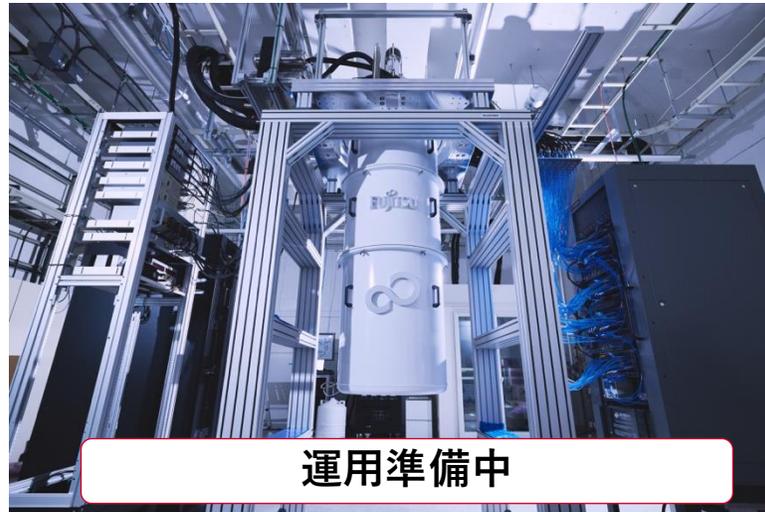
(システムH、NVIDIA製 GPU)



2025年10月運用開始

超伝導量子コンピュータ

(システムF、富士通製)



運用準備中

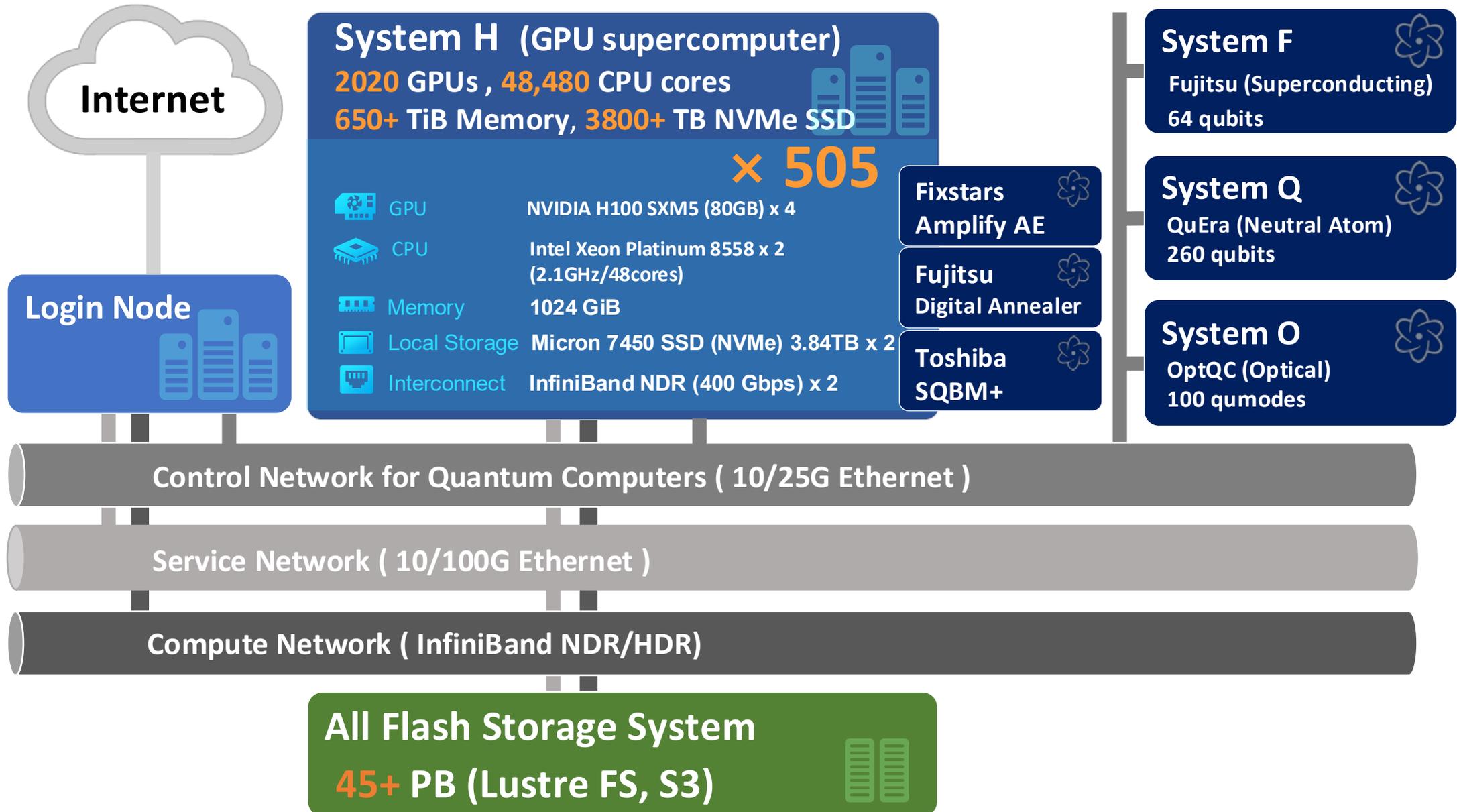
中性原子量子コンピュータ

(システムQ、QuEra製)



運用準備中

- システムHはスパコンランキングTop500 に32位 (国内6位, 2025年11月時点) ランクインする高性能計算機
- 2025年10月のシステムH運用開始を皮切りに、段階的に量子コンピュータを投入
- 光量子コンピュータ (システムO、OptQC製) を2025年度末までに導入





■ 特徴

- 産総研で培ってきた並列・分散コンピューティングの研究・運用成果を活用して構築
- 4基のNVIDIA H100 GPU搭載サーバ505台から構成
- 45 PBのAll Flash ストレージシステムを有す

■ スペック

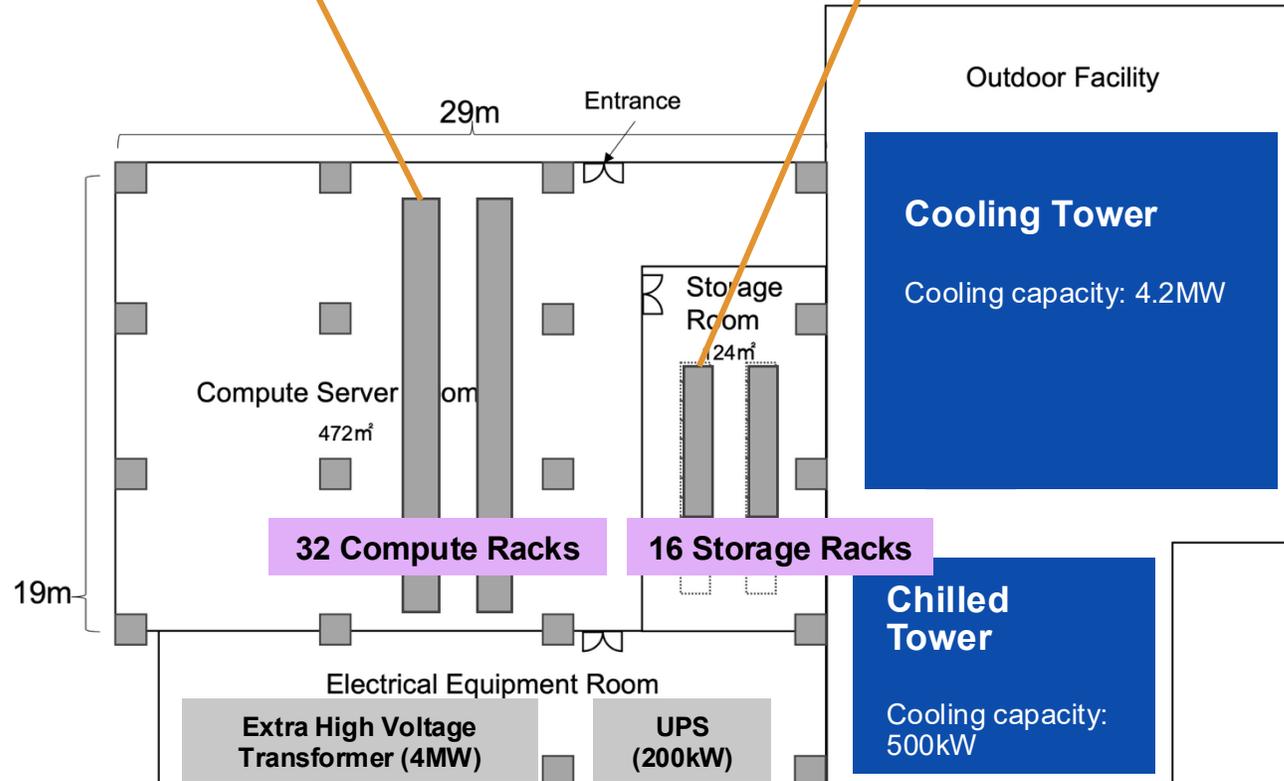
- 理論性能
 - 倍精度浮動小数点演算: 138.4 PFlops
 - 半精度浮動小数点演算: 2.1 EFlops
- ベンチマーク性能 (2025年5月計測, 11月順位)
 - Top500 (HPL): 74.58 Pflops, #32 (#6 in Japan)
 - HPCG: 969.33 TFlops, #19 (#5 in Japan)



System H



Cooling Pod

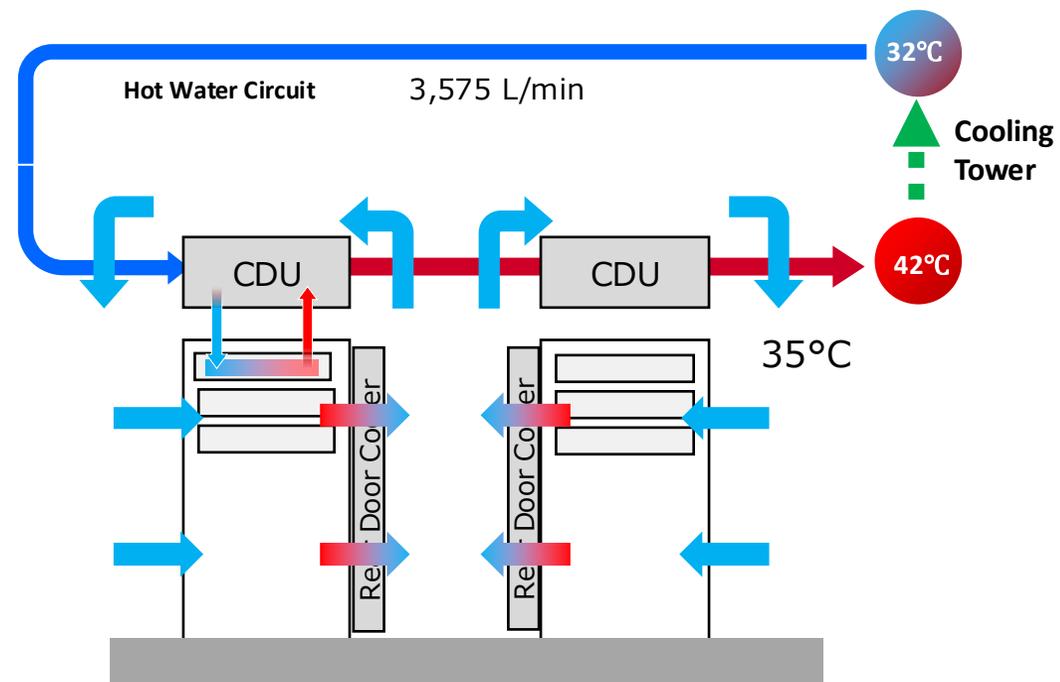


- G-QuAT本部棟（3階建）の1階に設置
- 4t/m² の耐荷重を持つコンクリートスラブの床
- ラック数
 - GPUサーバ: 32
 - ストレージ・管理機器: 16
- 電力: 4MW
- 冷却能力: 4.7MW

ABCI 1.0/2.0での実績のある、高温冷却水を使用した水冷・空冷のハイブリッド冷却システム

GPUサーバの冷却

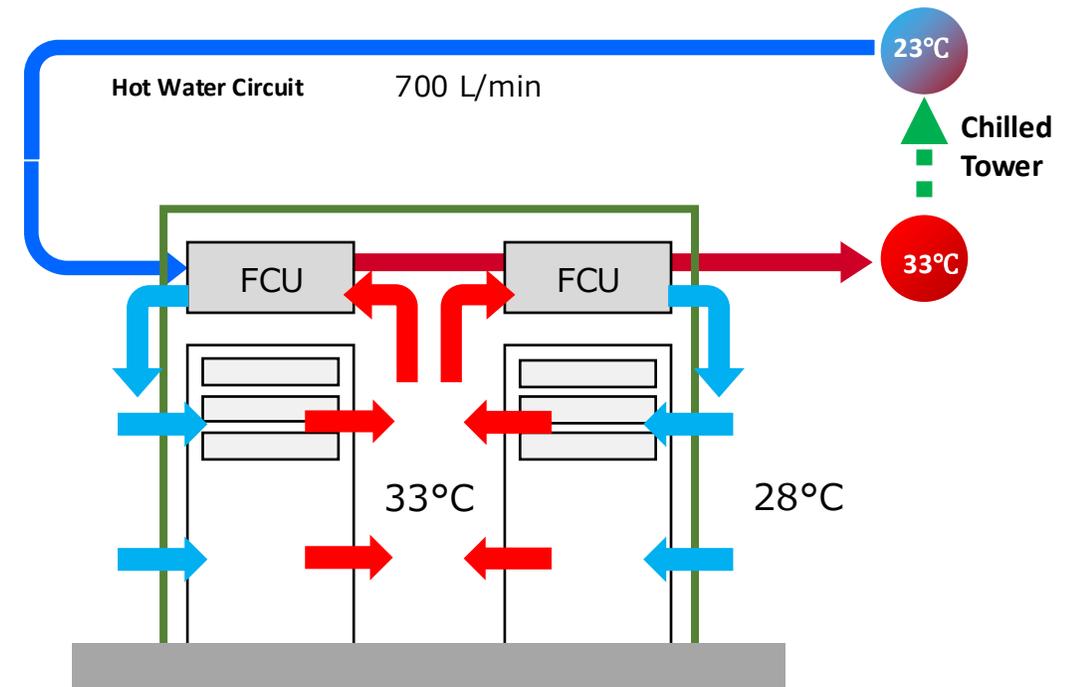
- CPUとGPUを水冷
- メモリ等他コンポーネントは空気冷却、暖風をリアドアクーラーで冷却



ABCI 1.0/2.0での実績のある、高温冷却水を使用した水冷・空冷のハイブリッド冷却システム

ストレージ・管理系サーバの冷却

- 空冷サーバを対象
- ラック上部のFun Coil Unitでホットアイルの暖風を冷却してコールドアイルに送風





■ 特徴

- 富士通製、理研からの技術移転で開発
- 2023年3月から理研、阪大にてクラウド公開されるなどの実績あり
- 国内ベンダによる初の商用機
- 数100量子ビットまで拡張可能な設計

■ スペック

- 64 物理量子ビット
- SDK : QURI Parts
- 制御システム : OQTOPUS

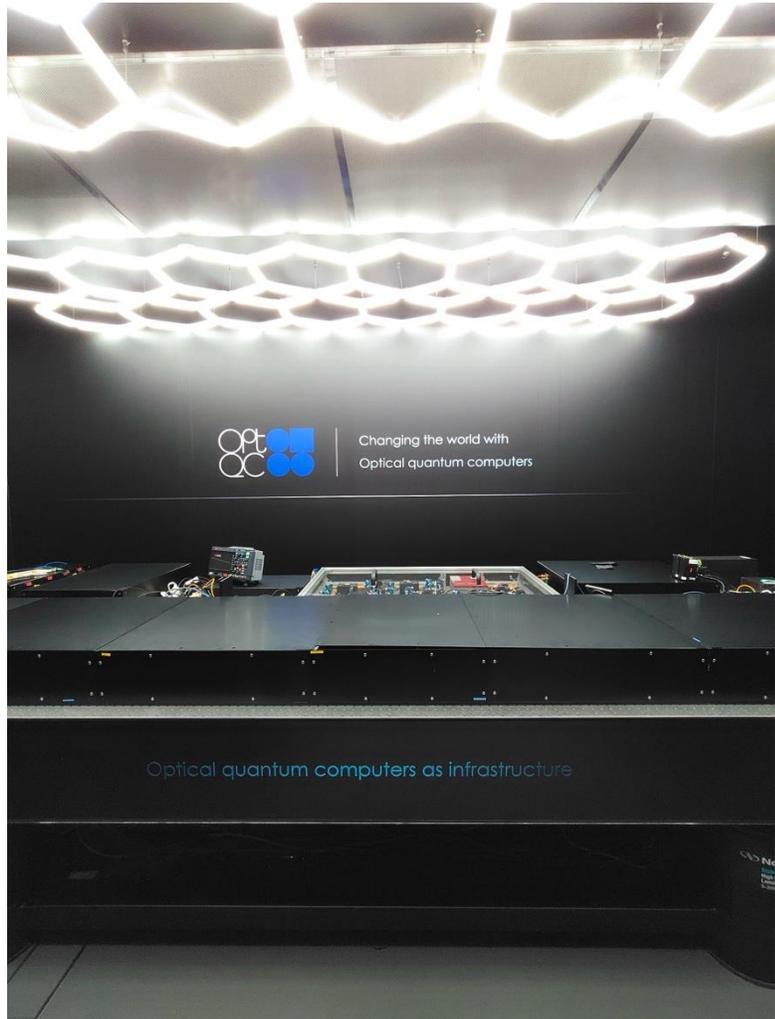


■ 特徴

- QuEra製、ハーバード大学、MITの研究を活用
- 最新の中性原子量子コンピュータ「Gemini」を搭載
- 将来的には10,000物理量子ビットを目指し、100個の論理量子ビットを提供

■ スペック

- 260物理量子ビット
- SDK : Bloqade
- シミュレータ (ノイズあり) : Bloqade



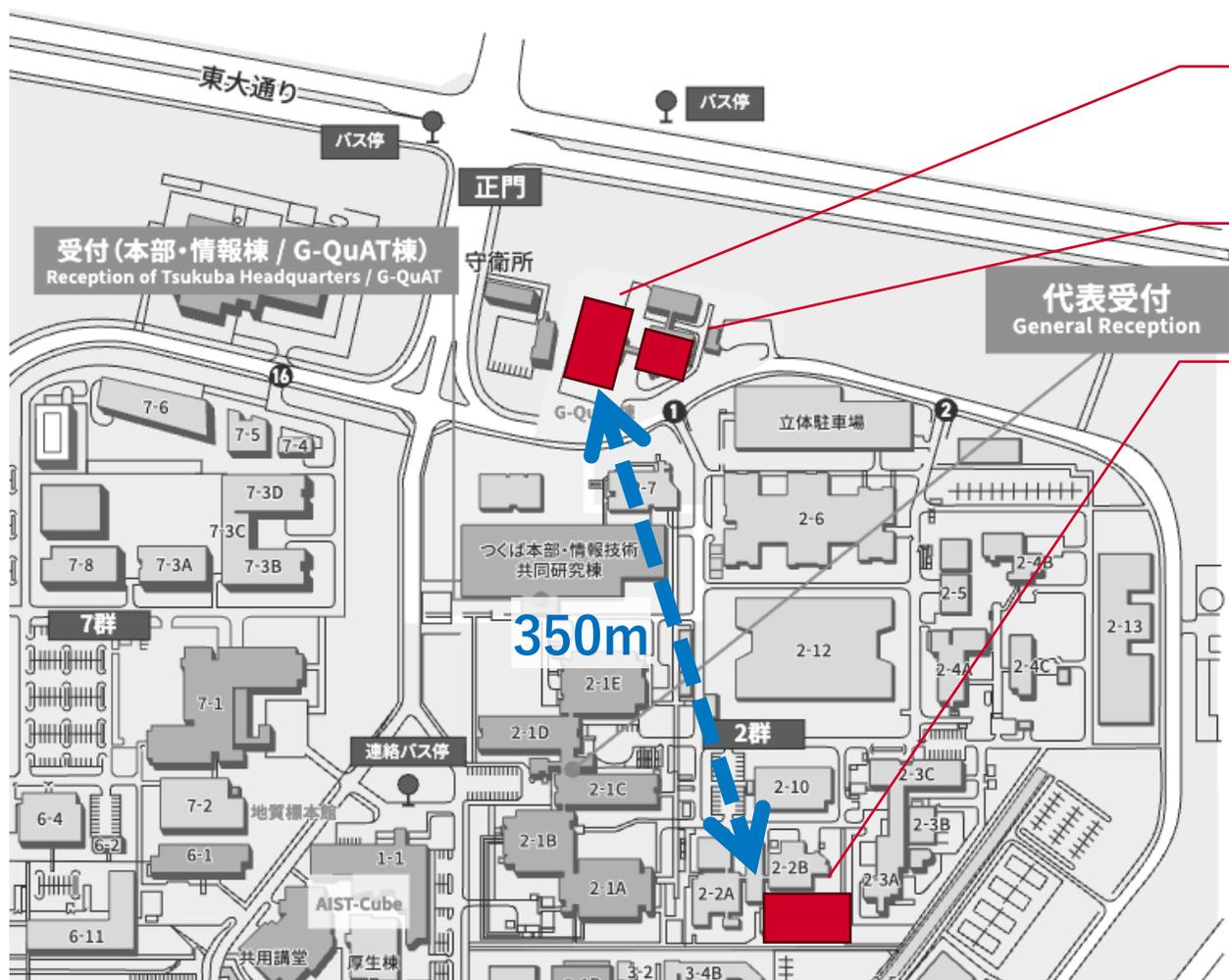
■ 特徴

- OptQC社製、東大古澤・遠藤研からスピントアウトした企業による商用利用を視野に入れた実証機
- 測定型量子計算モデル（MBQC）を採用した光量子コンピューティング方式

■ スペック

- 100量子モード（連続量での量子ビットのようなもの）
- 動作周波数100MHz
- 常温動作

産総研つくば中央事業所に全サブシステムを設置



システムH

システムF

システムQ, システムO

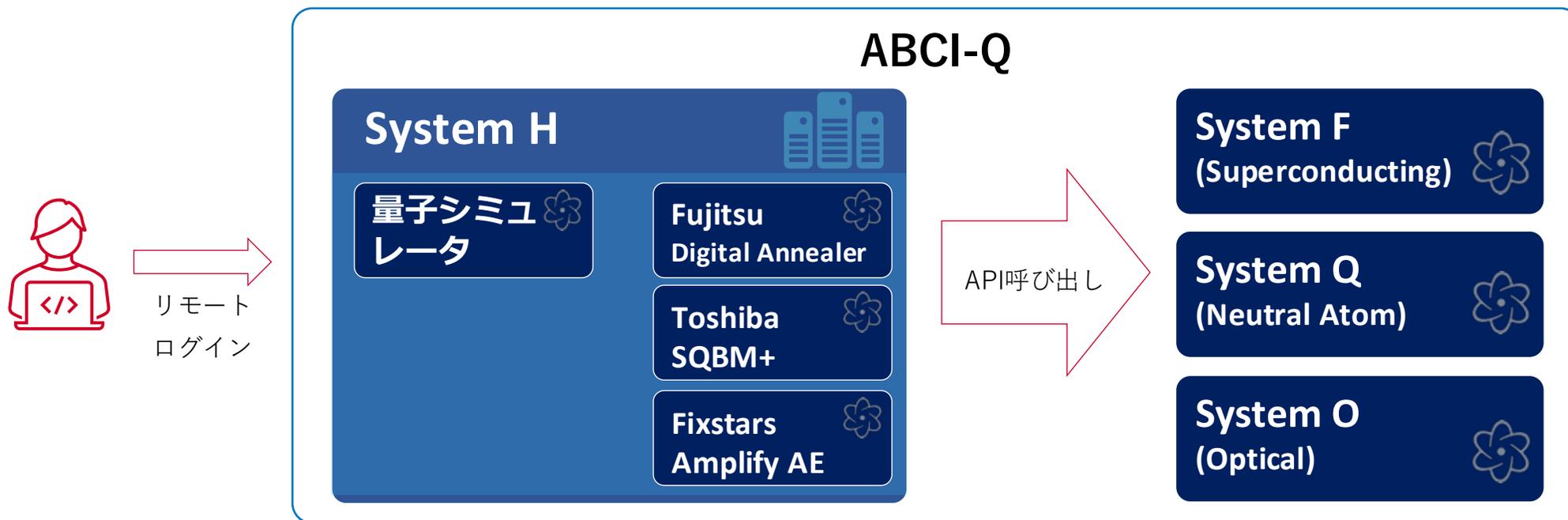
システムHのあるG-QuAT本部棟と、量子コンピュータが設置されている各建物間に専用ファイバを敷設

ログイン

SSHによるターミナルアクセスに加え、ブラウザ上での操作環境を提供。

量子・古典ハイブリッドプログラミング

各システムが提供するSDKをシステムH計算ノードで使用。発展的な利用方法を計画中。

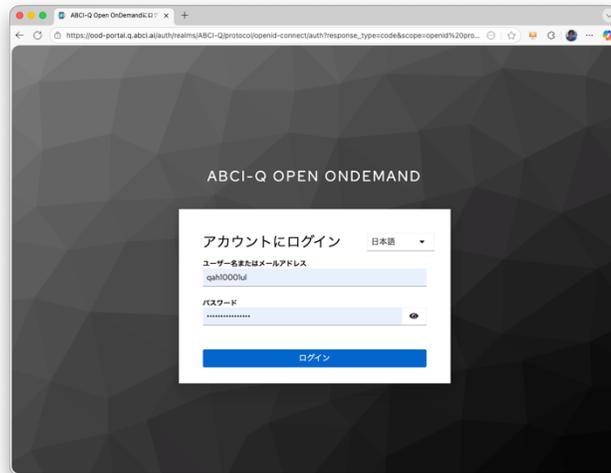


古典計算実行

実行したい計算を「ジョブ」として記述。ノード種別・台数、想定実行時間を指定してジョブをシステムHに登録。利用状況に応じて実行を開始。

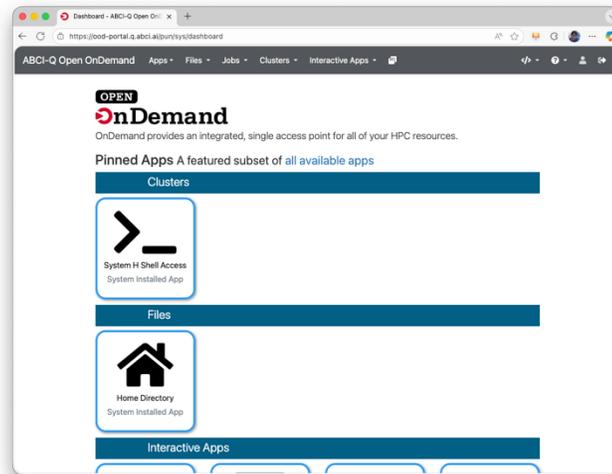
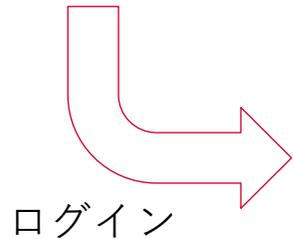
ストレージ

ログインノード、計算ノードで共有するストレージをシステムHにて提供。利用者個人のホーム領域、グループメンバー間でのデータ共有のためのグループ領域からなる。

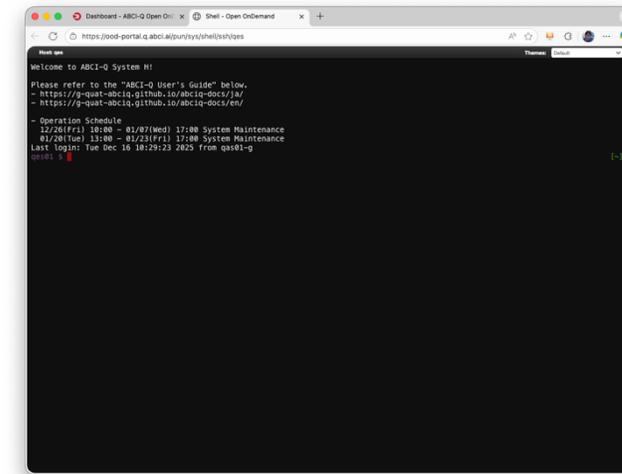
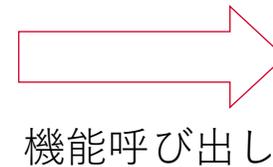


ログインページ

- ウェブポータルサービス Open OnDemand を採用
- 多要素認証 (Email OTP)によるログイン
- ファイルのアップロード・ダウンロード
- ログインノードへのターミナルアクセス
- バッチジョブ管理
- 計算ノードで動作する量子関連アプリケーション



トップページ

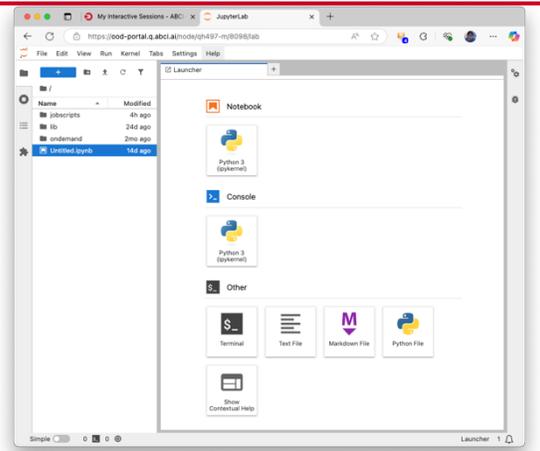


Webベースターミナル

量子コンピューティングの研究開発に活用できるアプリケーションを複数搭載

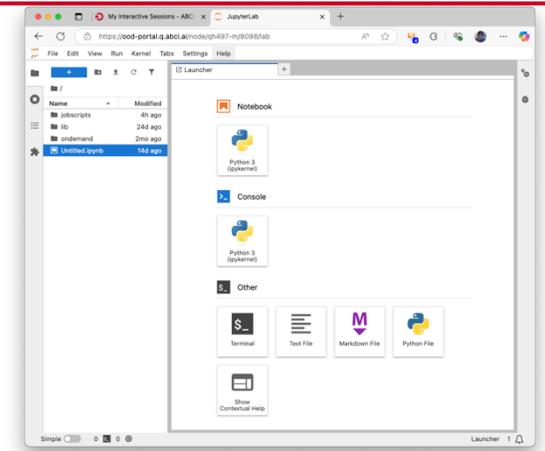
Jupyter Notebook

計算ノード上でJupyter Notebookを提供
GPUを活用したPythonコード等の実行
環境を利用可能



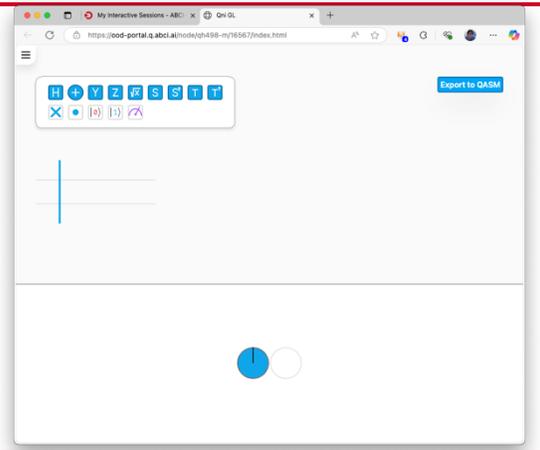
NVIDIA CUDA Quantum

NVIDIA社が開発する量子プログラミング
フレームワークCUDA Quantumを読み
込んだJupyter Notebookを提供



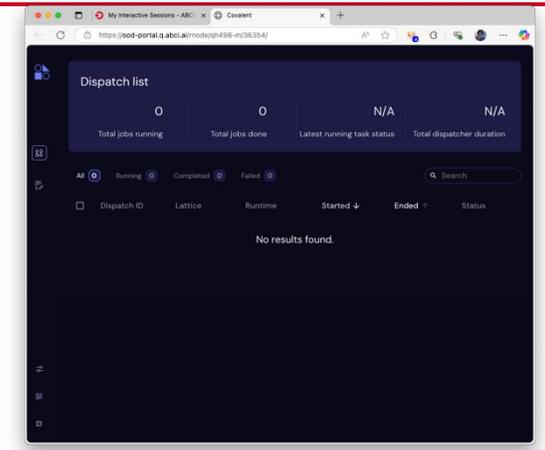
Qni

TIS株式会社が開発するウェブベース
量子回路エディタ/シミュレータ
TIS-産総研共同研究にて、GPUを使った
最大32量子ビットのシミュレーションを
サポート



Covalent

ワークフローオーケストレーションツール
Covalentと、Jupyter Notebookによる
プログラミング環境を提供
量子・古典アプリケーションのワーク
フロー開発・実行に利用可能



システムH上のアニーリングソフトウェア

- 対象ソフトウェア（DA, SQBM+, Amplify AE）が導入されたサーバを使用するジョブを実行
- 各ソフトウェア固有のAPI/ライブラリでプログラミング

システムF

- OQTOPUS REST APIをNativeなインターフェースとして提供
- そのAPIを使用するPython ライブラリである QURI Parts OQTOPUSの利用を推奨
 - QURI Partsを使った回路設計、 Qiskit等からExportしたOpenQASM3コードの実行が可能
- <https://github.com/oqtopus-team/quri-parts-oqtopus>

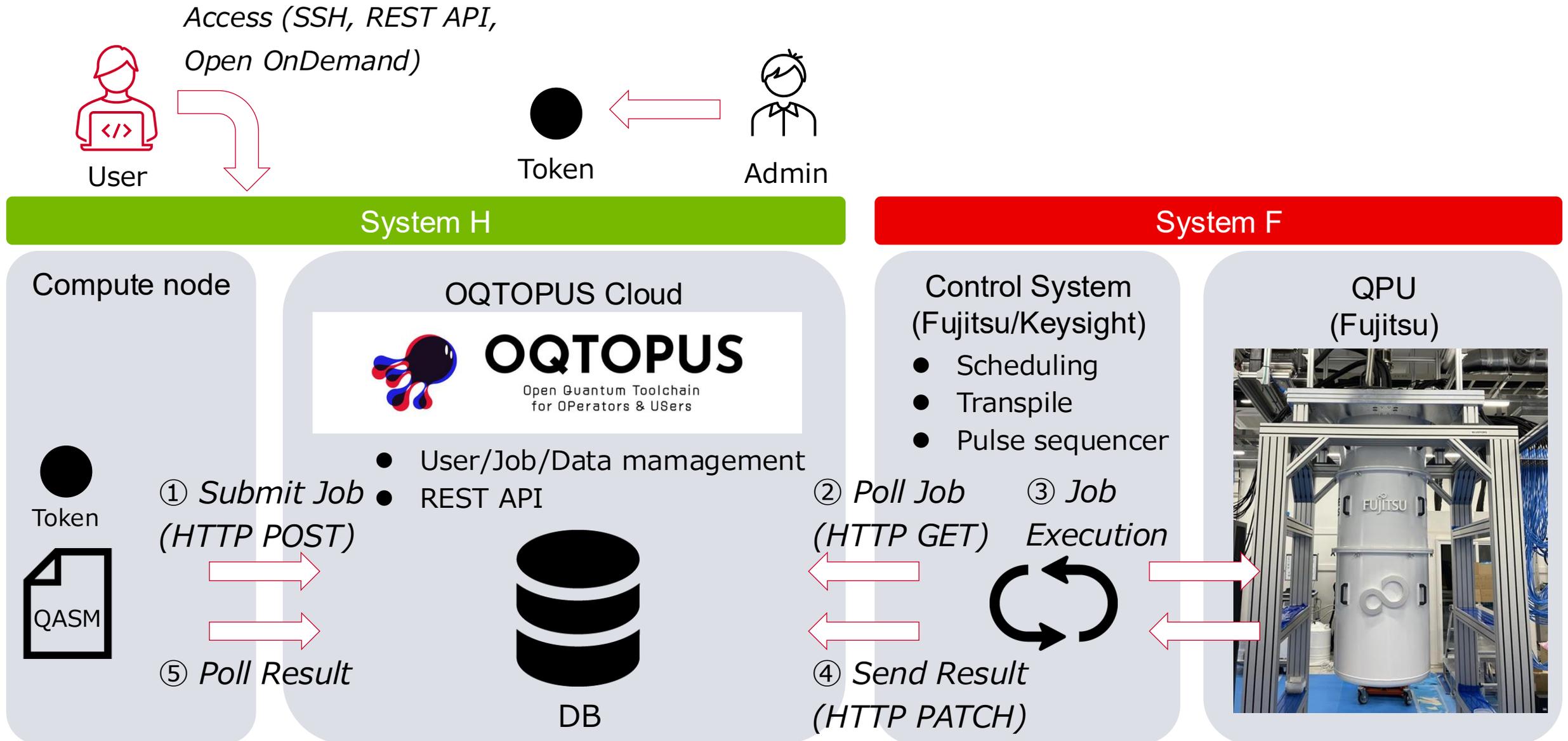
システムQ

- QuEraが開発するBloqade SDKを利用可能
- `bloqade-circuit` による回路プログラミング、シミュレータも提供
- <https://www.quera.com/bloqade>

システムO

- 独自のSDKを準備中

システムHとシステムFの連携動作 – 概念図



```
from quri_parts_oqtopus.backend import OqtopusConfig, OqtopusSamplingBackend
```

```
program = """OPENQASM 3;  
include "stdgates.inc";  
qubit[2] q;  
bit[2] c;
```

```
h q[0];  
cx q[0], q[1];  
c[0] = measure q[0];  
c[1] = measure q[1];  
"""
```

```
backend = OqtopusSamplingBackend (OqtopusConfig.from_file("oqtopus-dev"))  
job = backend.sample_qasm(  
    program,  
    device_id="<ABCIQ-SysF>",  
    transpiler_info={ "initial_layout": "[1, 2]" },  
    shots=10000,  
)
```

```
counts = job.result().counts  
print(counts)
```

Define circuit

Submit Job

Get results

■ AI・高性能計算と量子コンピュータの融合計算

- バイオ、マテリアル、CAE (Computer Aided Engineering)、金融といった産業領域におけるユースケース探索
- AI、大規模シミュレーションと量子コンピュータを連携させた計算
例) 生成AIを用いた量子回路自動生成

■ 多様な量子コンピュータ方式（モダリティ）の比較・検証

- 複数の量子コンピュータ方式を見比べて、その強みや弱みを検証
- GPUベースのイジングマシンを活用した大規模最適化問題

■ 大規模な量子回路シミュレーションによるアルゴリズムの検証

- GPUによる状態ベクトルシミュレーションで、1 GPUで32量子ビット、1ノードで34量子ビット、最大256ノードで42量子ビットまでのシミュレーションを実現

GQCO

▶ 任意の組合せ最適化を解くための量子回路生成器

Code



GQCO Web App

1. Problem Setup

Option1: Random Coefficient

Size: 5 Seed: 1 Generate

0.85	-0.47	-0.21	0.30	-1.00
	0.64	-0.22	0.54	0.15
		-0.33	0.39	0.66
			0.39	-0.41
				-0.08

Option2: Graph Editor

Size: 6 Seed: 0 Initialize

0.55	0.40	0.85	0.13	0.76	-0.52
	0.10	0.51	0.27	0.18	0.54
		0.08	0.49	0.14	0.13
			-0.12	0.24	0.01
				0.75	0.31
					0.06

2. Circuit Generation

Run Model

- Circuit #1 -3.20
- Circuit #2 -2.58
- Circuit #3 -1.79
- Circuit #4 -1.48
- Circuit #5 1.44

3. Visualization

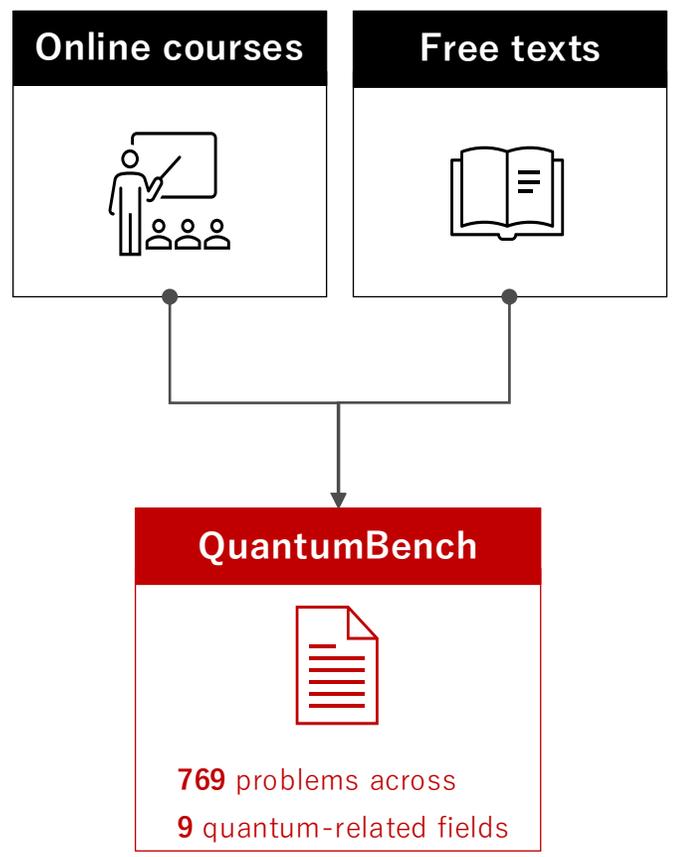
Generated Circuit

Histogram

Probability amplitude vs True cost

QuantumBench

- ▶ 量子分野に対するLLM性能評価ベンチマーク
- ▶ 標準的な大学生レベルの問題を収録



Code



ABCI-Q: 量子・古典融合計算基盤

- GPUスパコン（システムH）を中核とし、3種類の量子コンピュータ（F:超伝導、Q:中性原子、O:光）からなる複合計算機システム
- GPUを使った量子回路シミュレーション、アニーリングソフトウェア、量子アルゴリズム開発SDK、ワークフローシステム等が利用可能
- 大規模な量子回路シミュレーションや、量子コンピュータ方式の比較・検証の場を提供することにより、量子コンピューティングのユースケース開拓に活用されていくことを期待

ABCI-Q ホームページ



https://unit.aist.go.jp/g-quat/HowToUse/abci_q/

ABCI-Q 利用マニュアル



<https://g-quat-abciq.github.io/abciq-docs/>