IBM Quantumの取り組みと最新成果

量子中心のスーパーコンピューティングが変革する コンピューティングの未来

堀井 洋
IBM Quantum Japan統括部長
東京基礎研究所
日本アイ・ビー・エム株式会社

2026年11月9日

IBM Quantum mission

Bring useful quantum computing to the world

実用的な量子コンピューティングを世界へ



© 2026 IBM Corporation

量子コンピューティングを実現するための2つの必須条件

古典計算の限界を超えてスケールする
量子プラットフォームの開発



企業と学術機関のネットワークを活性化による
アルゴリズム探索の加速



© 2026 IBM Corporation

量子コンピューティングの進化

2016

Quantum Experience

クラウド上で量子デバイスを
提供し、量子開発者への扉を開く

2023

Quantum utility

量子コンピューターが、古典コンピュータの能力を超える規模の量子プログラムを実行

2026

Quantum is real

科学的に証明可能な量子優位性

関心のある問題をシミュレーションし、量子技術を実際のユースケースに適用

2029

Fault tolerance

誤り耐性を持ち、1億回を超える演算が可能

© 2026 IBM Corporation

量子コンピューティングの進化

2016

Quantum Experience

クラウド上で量子デバイスを
提供し、量子開発者への扉を開く

2023

Quantum utility

量子コンピューターが、古典コンピュータの能力を超える規模の量子プログラムを実行

2026

Quantum is real

科学的に証明可能な量子優位性

関心のある問題をシミュレーションし、量子技術を実際のユースケースに適用

2029

Fault tolerance

誤り耐性を持ち、1億回を超える演算が可能

© 2026 IBM Corporation

IBMが先導する
量子コンピュータの導入と運用

- 60台の量子デバイス（100量子ビット以下）
- 31台の量子コンピュータ （100量子ビット以上、2量子ビットゲートを5000以上実行可能）
- 平均97%の可用率
- 最新のデバイスでは99%の可用率 （Heron R2+）
- ジョブの成功確率は99.5%以上

2 量子データセンター



IBM US Quantum Data Center
Poughkeepsie, USA
August 2019

Currently operating 6 quantum computers with 100+ qubits



IBM EU Quantum Data Center
Ehningen, Germany
October 2024

Currently operating 2 quantum computers with 100+ qubits

© 2026 IBM Corporation

10台のオンサイトの量子コンピュータ

Quantum Computational Center
University of Tokyo
Shin-Kawasaki, Japan
June 2021, 2023 & Sep 2025



Discovery Accelerator
Cleveland Clinic
Ohio, USA
March 2023, Nov 2025



Discovery Accelerator
PINQ [2]
Bromont, Canada
September 2023, Jul 2025



Quantum Computational Center
Rensselaer Polytechnic
Troy, New York
April 2024



Quantum Computational Center
Yonsei University
Seoul, South Korea
September 2024



JHPC-quantum Riken
Kobe, Japan
May 2025



IBM-Euskadi Quantum Computational Center
San Sebastián, Spain
October 2025



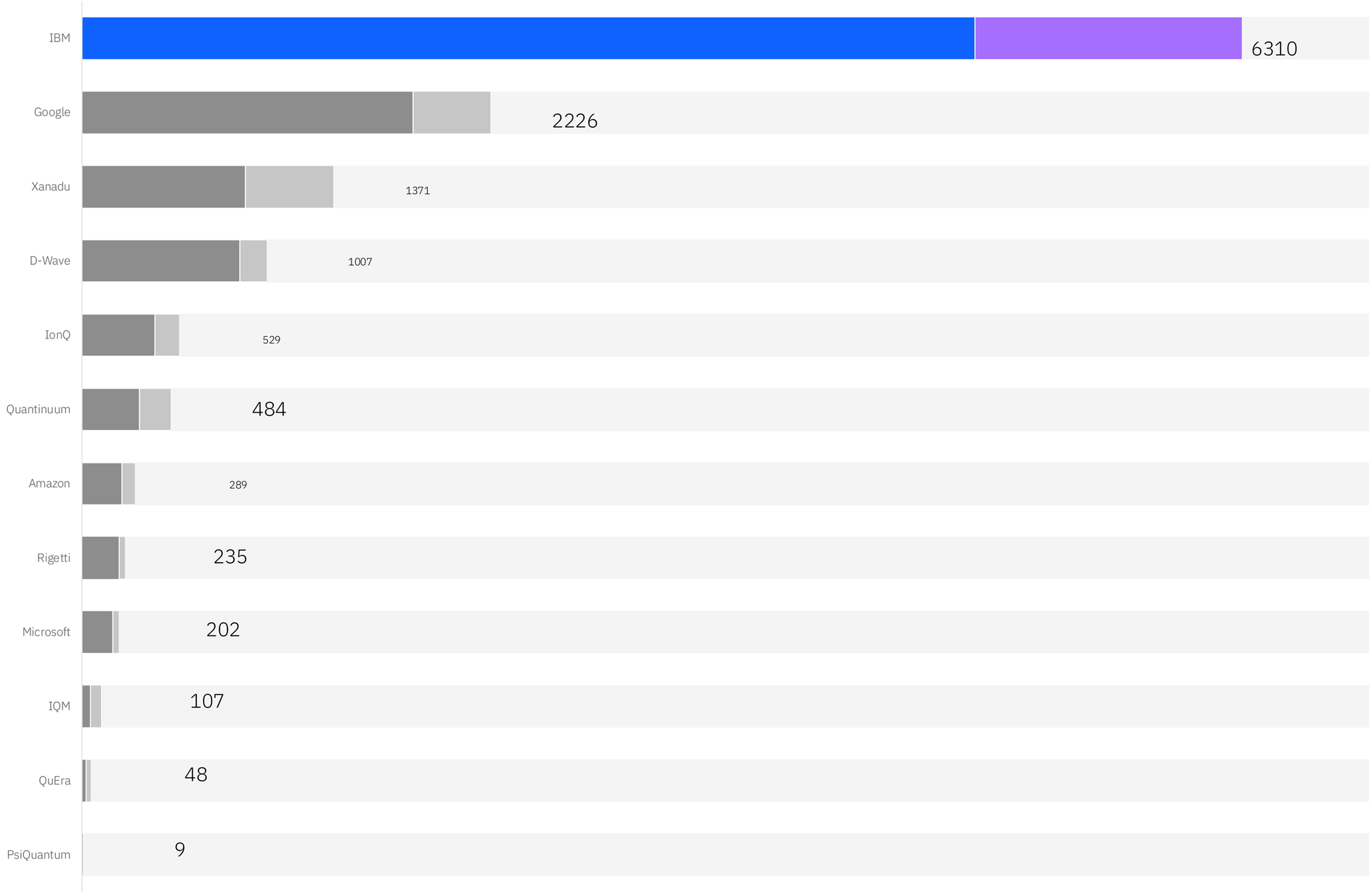
National Quantum Algorithm Center
Chicago, USA
November 2026



Swiss National Supercomputing Center (CSCS)
Lugano, Switzerland
Projected Dec 2026

Quantum Valley Tech Park
Andhra Pradesh, India
Projected Jan 2027

IBM量子ハードウェア・ソフトウェアを用いた掲載論文 (arXiv)



Data is current as of 7/27/26. The data was obtained by (1) collecting all arXiv papers mentioning quantum computing related phrases; (2) cleaning up the corresponding LaTeX files and removing bibliographies/ citations/formatting; and (3) searching for SW and service keywords found in the 2024 Unitary Foundation Survey and publicly known quantum HW names, with the constraint that an action word (e.g., “run”) is required to exist in the same sentence with the keyword(s).

© 2026 IBM Corporation

量子コンピューティングの進化

2016

Quantum Experience

クラウド上で量子デバイスを
提供し、量子開発者への扉を開く

2023

Quantum utility

量子コンピューターが、古典コンピュータの能力を超える規模の量子プログラムを実行

2026

Quantum is real

科学的に証明可能な量子優位性

関心のある問題をシミュレーションし、量子技術を実際のユースケースに適用

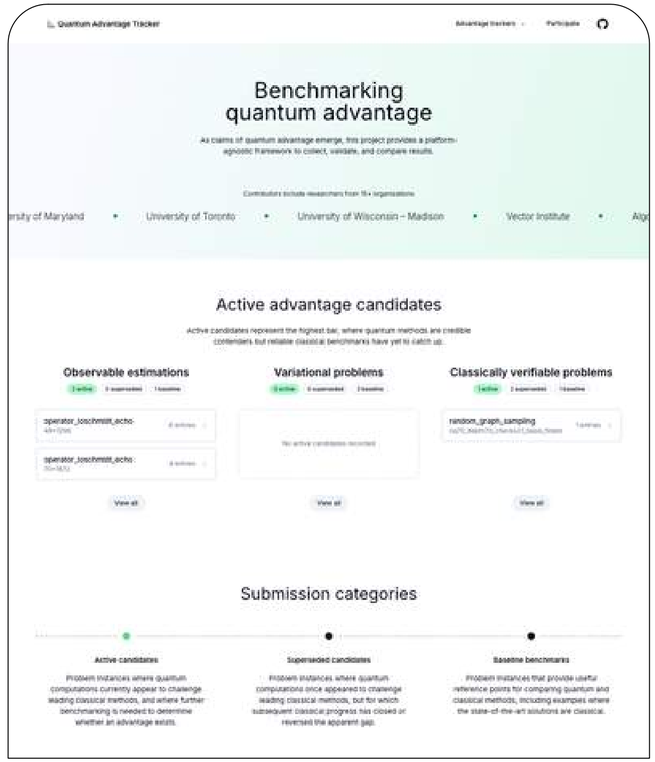
2029

Fault tolerance

誤り耐性を持ち、1億回を超える演算が可能

© 2026 IBM Corporation

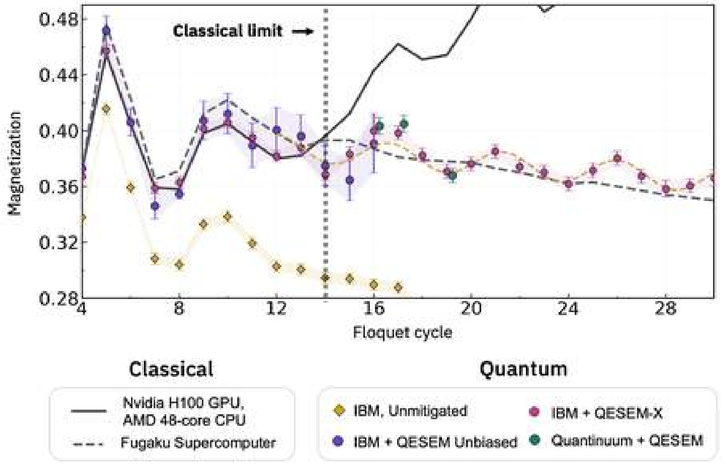
量子優位性の
ベンチマークと記録：
分離と検証を実証



古典的能力を超えた物理現象を、信頼できる量子計算でモデル化

信頼できる計算によって古典的能力を超えた物理現象をモデル化し、材料の磁気的挙動の時間発展を研究する問題において量子優位性を達成した

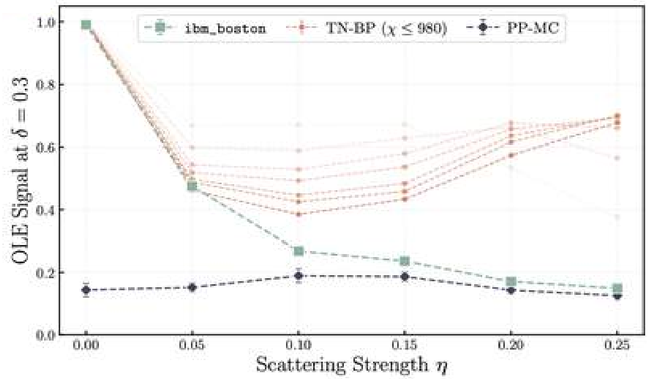
Qedma
RIKEN
BlueQubit



古典的検証の範囲を超えた観測量の推定

計算への信頼性を確立する新たなフレームワークを用いて、不均質物質のシミュレーションにおける量子優位性を実証した

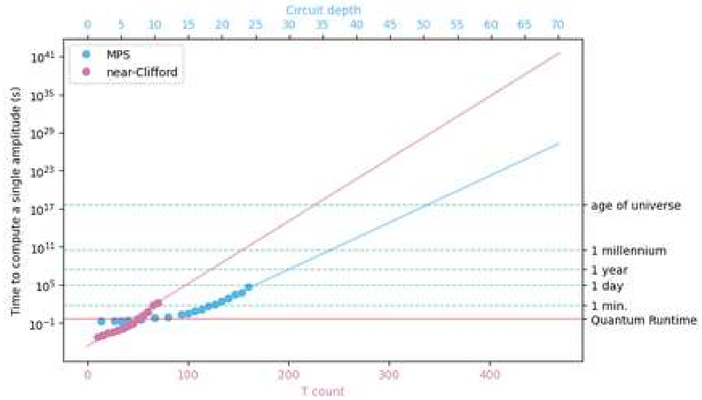
Algorithmiq
EPFL
Flatiron Institute



検証可能な高忠実度によるエンコードされたランダム回路サンプリング

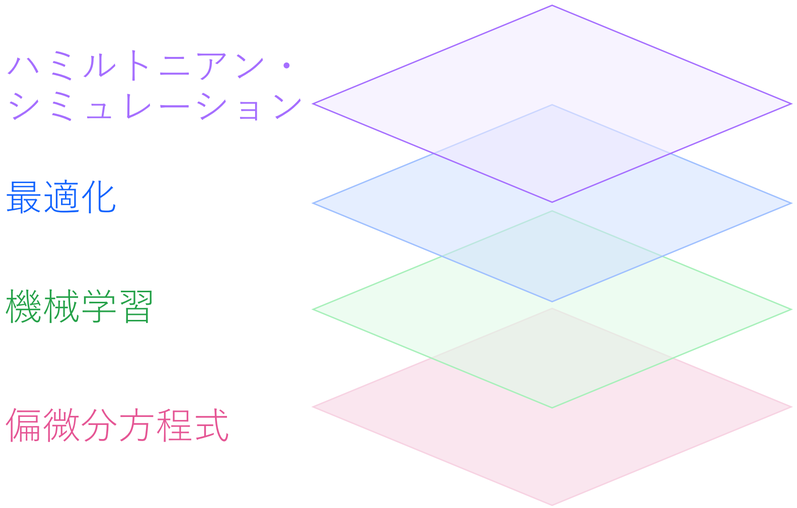
新たな誤り訂正技術を用いて、信頼できる計算による量子優位性を達成した

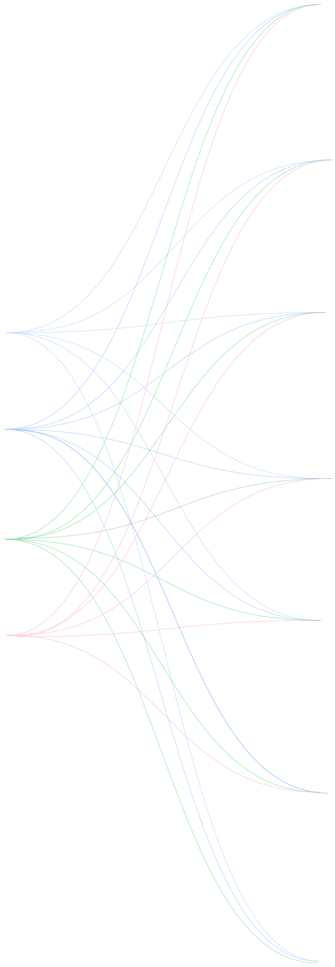
The University of Chicago



© 2026 IBM Corporation

量子コンピューティングで進化する4つの技術と産業応用の広がり





航空宇宙
- 高強度・軽量材料の開発
- 主翼複合材プライ設計の最適化
- 航空機の数値流体力学(CFD)

自動車
- 次世代バッテリー
- 多目的車両ルーティング最適化
- 自動車設計・シミュレーション

化学物質
- 低エネルギー肥料製造
- 効率的な触媒
- 製品開発の加速

エレクトロニクス・半導体
- 配置・配線の最適化
- 成膜/エッチングプロセスのモデリング
- マルチドメインシミュレーション

エネルギー
- グリッド(送配電網)管理
- EV普及を踏まえたグリッド最適化
- 炭素回収・貯留(CCS)

金融サービス
- ポートフォリオ最適化
- デリバティブ/オプション価格算定
- マネーロンダリング対策

医療・ライフサイエンス
- 創薬・薬剤設計の最適化
- mRNA・タンパク質構造予測
- 疾患標的・バイオマーカーの発見

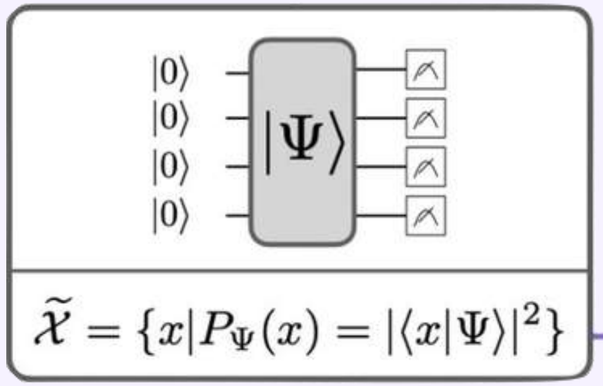
© 2026 IBM Corporation

Sample-based quantum diagonalization (SQD)*

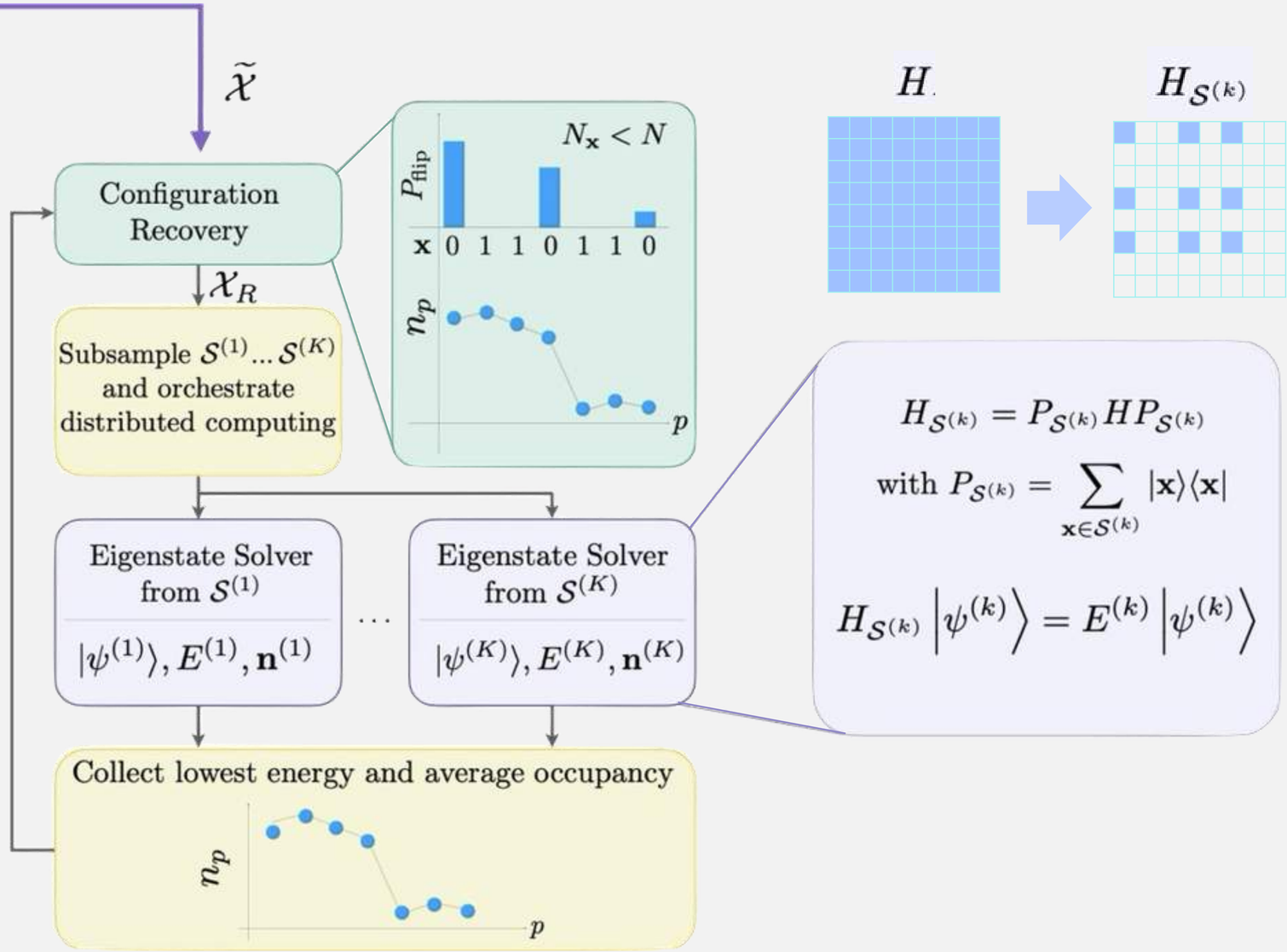
*) Robledo-Moreno, Javier, et al. *arXiv:2405.05068*
**) For QSCI - Kanno, Keita, et al. *arXiv:2302.11320*

Execute using Qiskit Runtime Primitives. Quantum compute generates samples from an exponentially large space

Sampler()



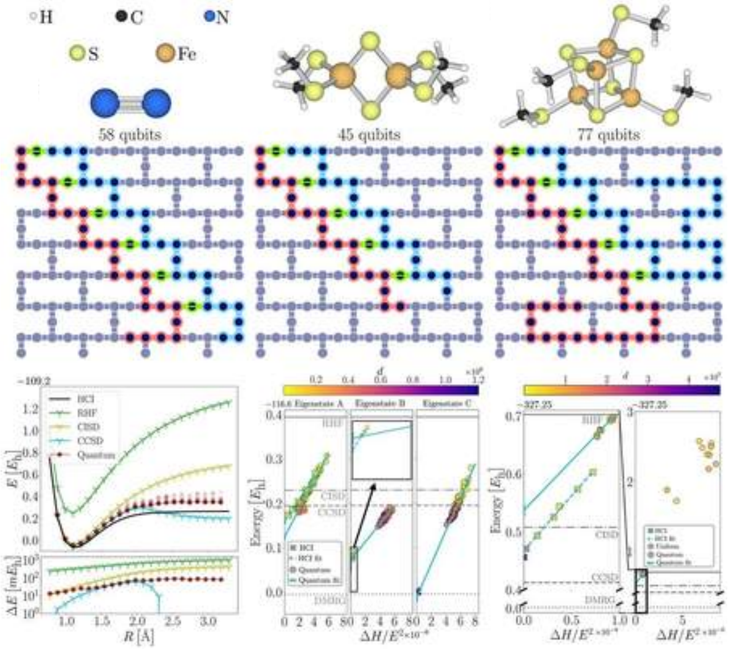


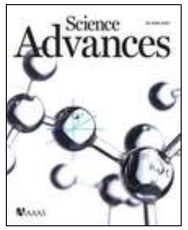


Chemistry beyond the scale of exact diagonalization with SQD

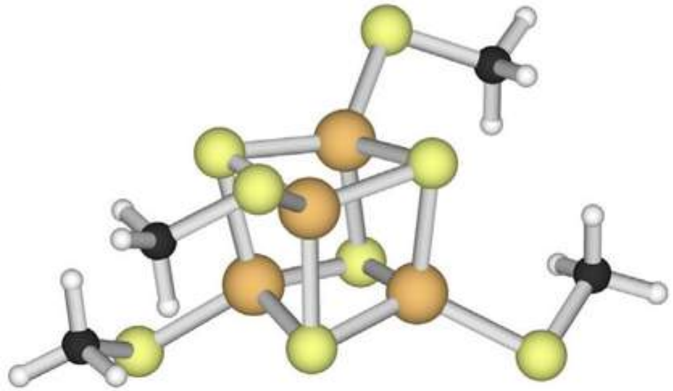
2024

QCSC workflow for simulating ground-state dissociation of N_2 and the ground state properties of [2Fe-2S] and [4Fe-4S] clusters, using up to 77 qubits

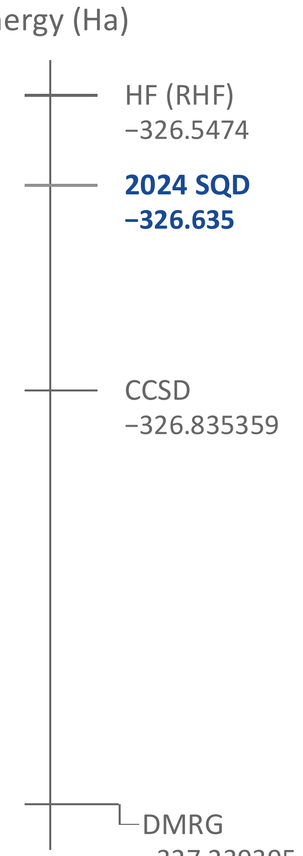




Science Advances, 18 Jun 2025, Vol 11, Issue 25
DOI: 10.1126/sciadv.adu9991



Iron-Sulfur Cluster
[4Fe–4S]



© 2026 IBM Corporation

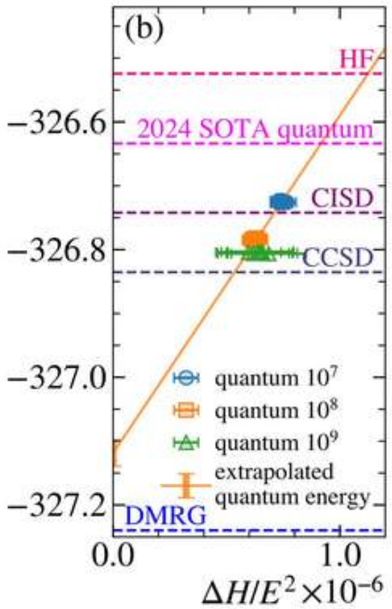
Closed-loop calculations of electronic structure on a quantum processor and a classical supercomputer at full scale

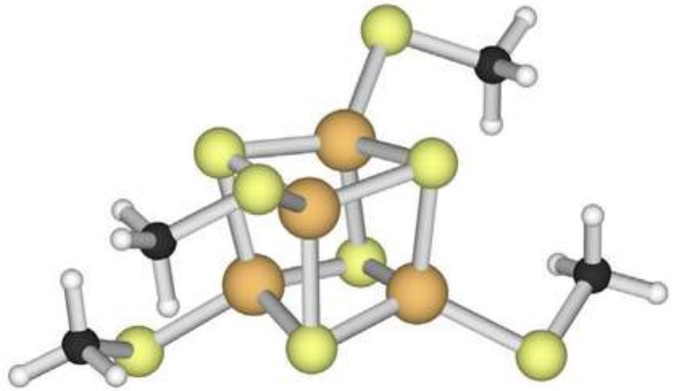
2025

Closed-loop calculations of electronic structure on a quantum processor and a classical supercomputer at full scale

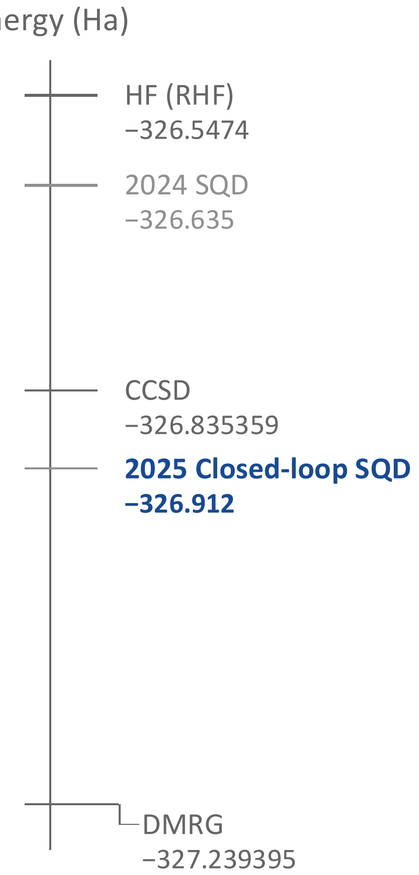
- Chose better initial parameters for a truncated LUCJ circuit
- Ran on *ibm_kobe*, which has improved gate fidelity, and readouts from *ibm_torino* and *ibm_Marrakesh*
- Closed loop between all 152,064 nodes of Fugaku and *ibm_kobe*

Extrapolated energies are .1 Hartree away from classical SOTA DMRG





Iron-Sulfur Cluster [4Fe–4S]



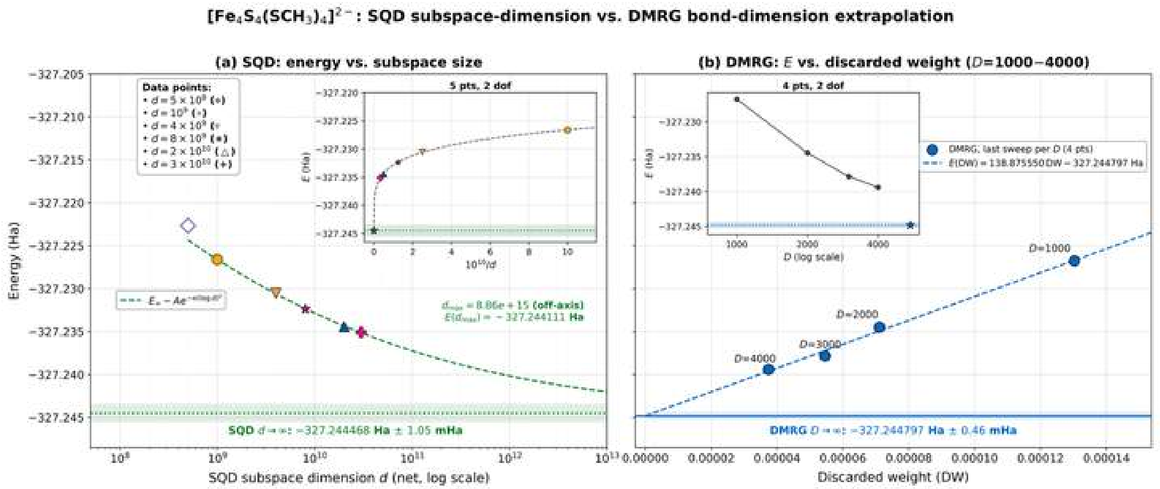
arXiv:2511.00224 (31 October 2025)

© 2026 IBM Corporation

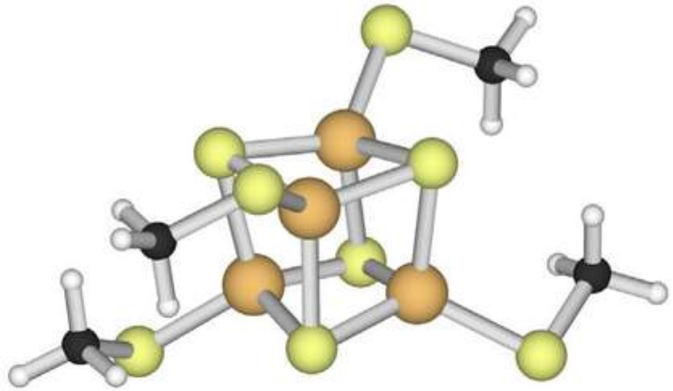
2026

Broken-Symmetry Reference States for Sample-Based Quantum Diagonalization with Near-DMRG Accuracy

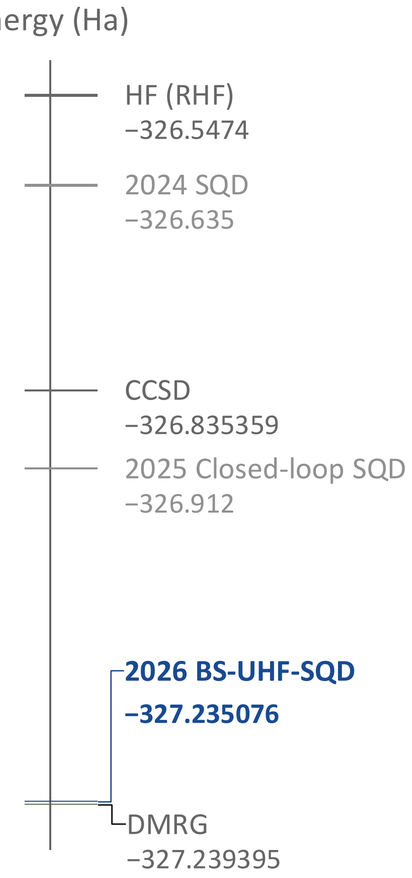
BS-UHF-SQD* on ROQUO reaches within 4.3 mHa of finite-bond-dimension DMRG for the [Fe_4S_4] ground-state energy, with a d→∞ extrapolation that agrees with the DMRG-extrapolated value within one standard deviation.



arXiv:2611.04496 (03 November 2026)



Iron-Sulfur Cluster
[4Fe–4S]



© 2026 IBM Corporation

*Developed in collaboration with Yonsei, RIKEN and IBM

12K原子のシミュレーションを
量子中心のスーパーコンピューティングで実現

量子中心のスーパーコンピューティングで行った
史上最大の分子シミュレーション

メタン二量体
10原子

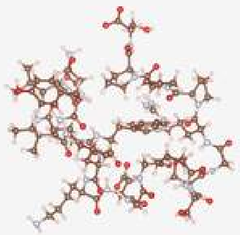
2024年
10月

シクロヘキサン
36原子



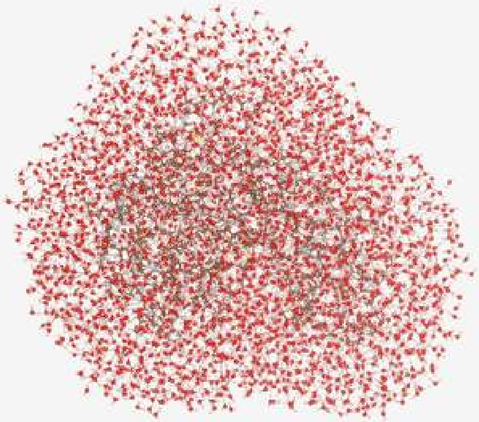
2024年
11月

Trp-cage
303原子



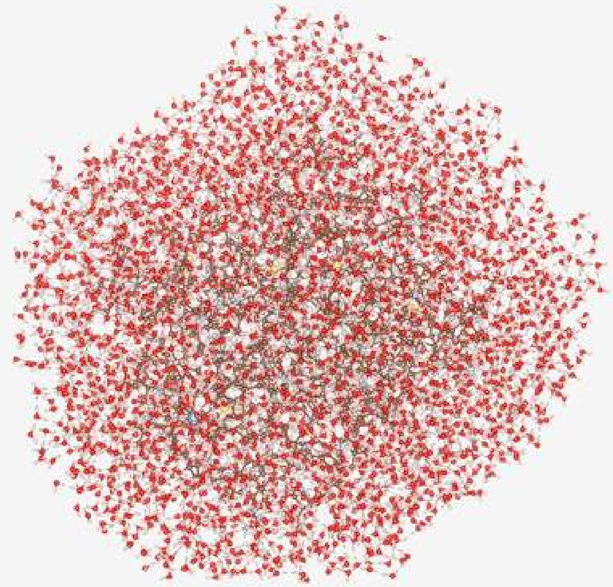
2025年
12月

T4-リゾチーム
11,608原子



2026年
2月

トリプシン
12,635原子



2026年
4月

新しいQCSCアルゴリズム
EWF-TrimSQD

210x 従来の最先端のQCSC
アプローチからの精度向上

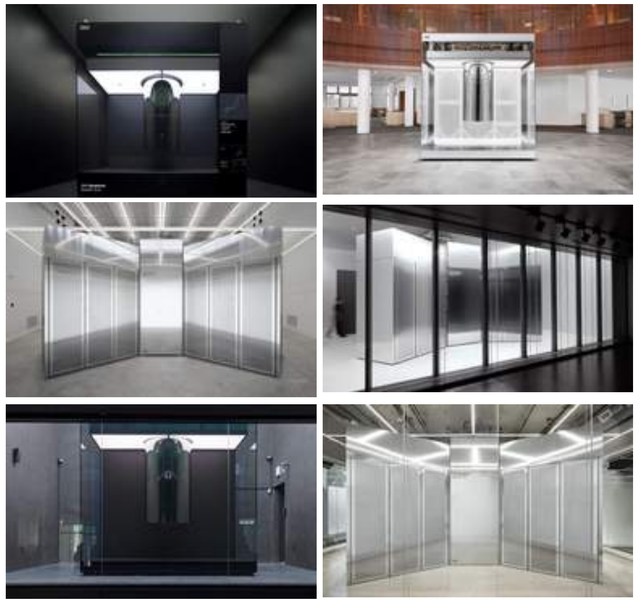
40x Trp-cage（303原子）と比較した
システムサイズの拡大

arXiv:2605.01138

量子中心のスーパーコンピューティングを日本から世界へ

量子プラットフォームの導入
量子とスパコンの統合

IBM **Quantum**



X

RIKEN: Fugaku Supercomputer
RIKEN: ROQUO
UTokyo/Tsukuba Univ.: Miyabi
RPI: AiMOS
UIUC: Delta AI
ORNL: Frontier

Qiskit/QCSCソフトウェアの提供
QCSCワークフロー開発のサポート
共同研究

University of Tokyo
Keio University
JSR Corporation
SoftBank Corp.
DIC Corporation
Toshiba Corporation
Toyota Motor Corporation
IBM Japan
Hitachi, Ltd.
Mizuho Financial Group
Sumitomo Mitsui Trust Bank
Mitsubishi Chemical Group
Mitsubishi UFJ Financial Group (MUFG)
RIKEN

Ajinomoto Co.
Kikkoman Corporation
Suntory Holdings
Toppan Inc.
Murata Manufacturing Co.
Resonac Holdings
Tokyo University of Agriculture and Technology
Toyota Motor Corporation
Ochanomizu University
Toyota Central R&D Labs
Kyoto University
Oita University
University of Electro-Communications
Qunova Computing

Yonsei University
PharmCADD
University of Illinois Urbana-Champaign
Rensselaer Polytechnic Institute
The University of Chicago
Cleveland Clinic
BasQ
Oak Ridge National Lab

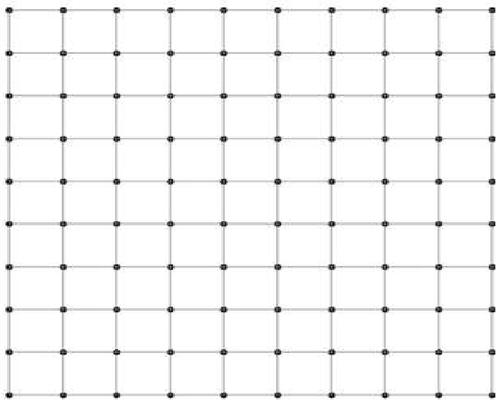
Nighthawk r2

120個のプログラム可能な量子ビット（正方格子接続）

458個の物理量子ビット

誤り訂正に不可欠なオンチップリセット機能

2026年8月より公開開始



100,000

最大量子回路実行数（毎秒）

25x

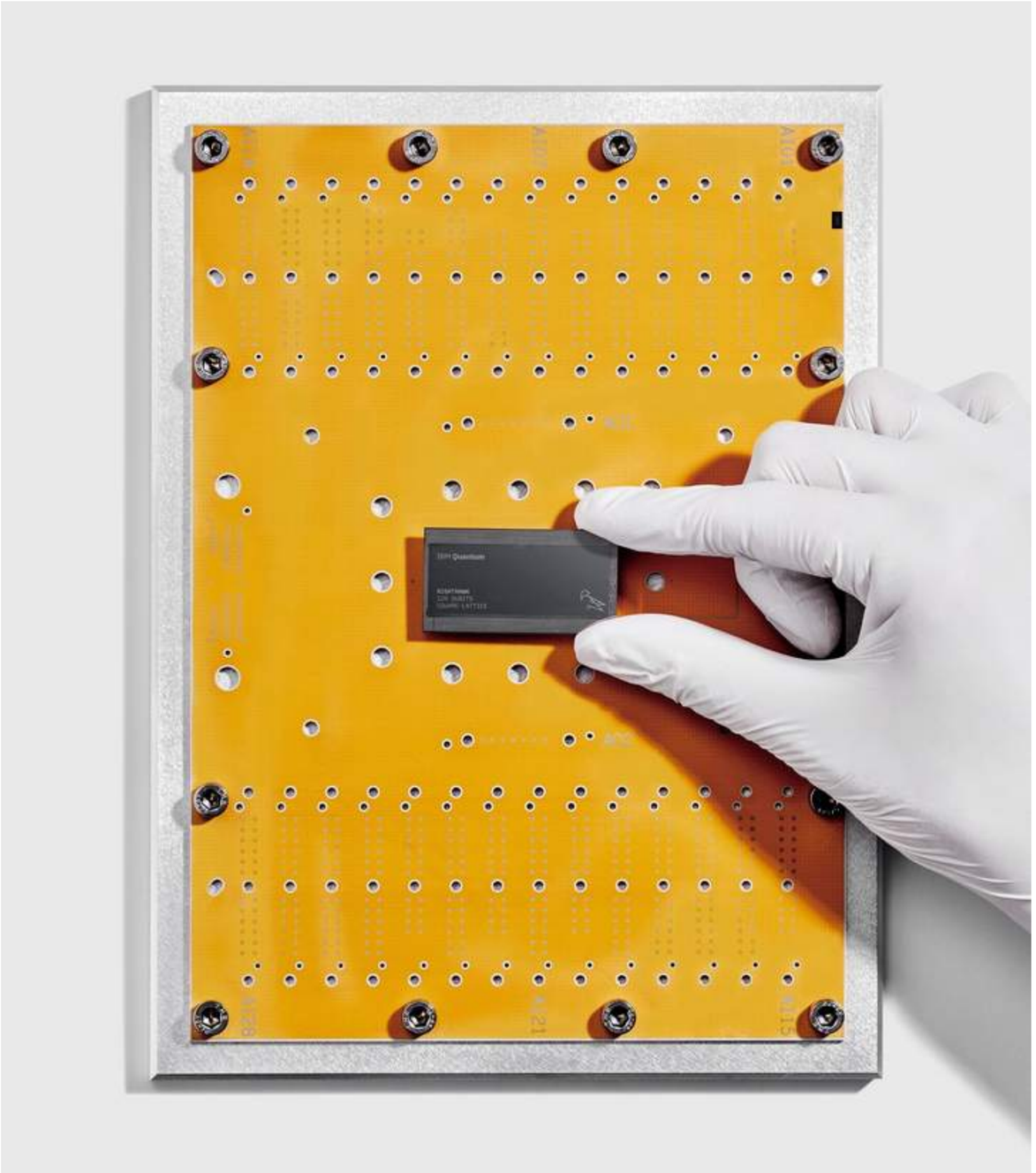
Heronと比較した
量子回路実行速度の向上

11x

Heronと比較した
初期化エラーの改善

2.7e-3

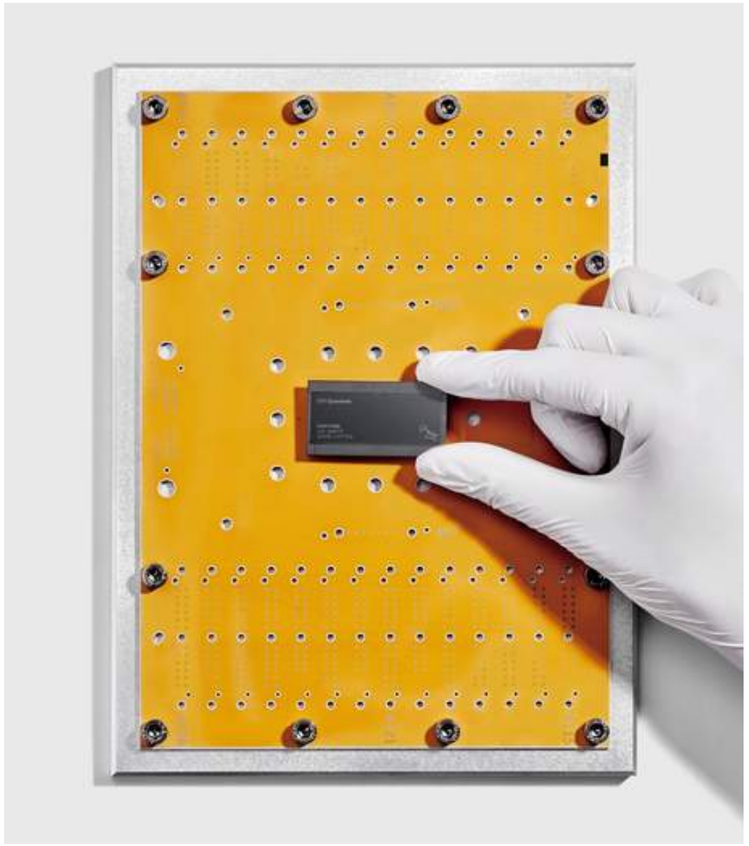
2量子ビットの
ゲートエラー率（中央値）



© 2026 IBM Corporation

理化学研究所様 IBM Quantum System Two Nighthawk R2へアップグレード

JHPC-quantum Riken
Kobe, Japan
May 2025 (Heron R2)
1h 2026 (Nighthawk R2)



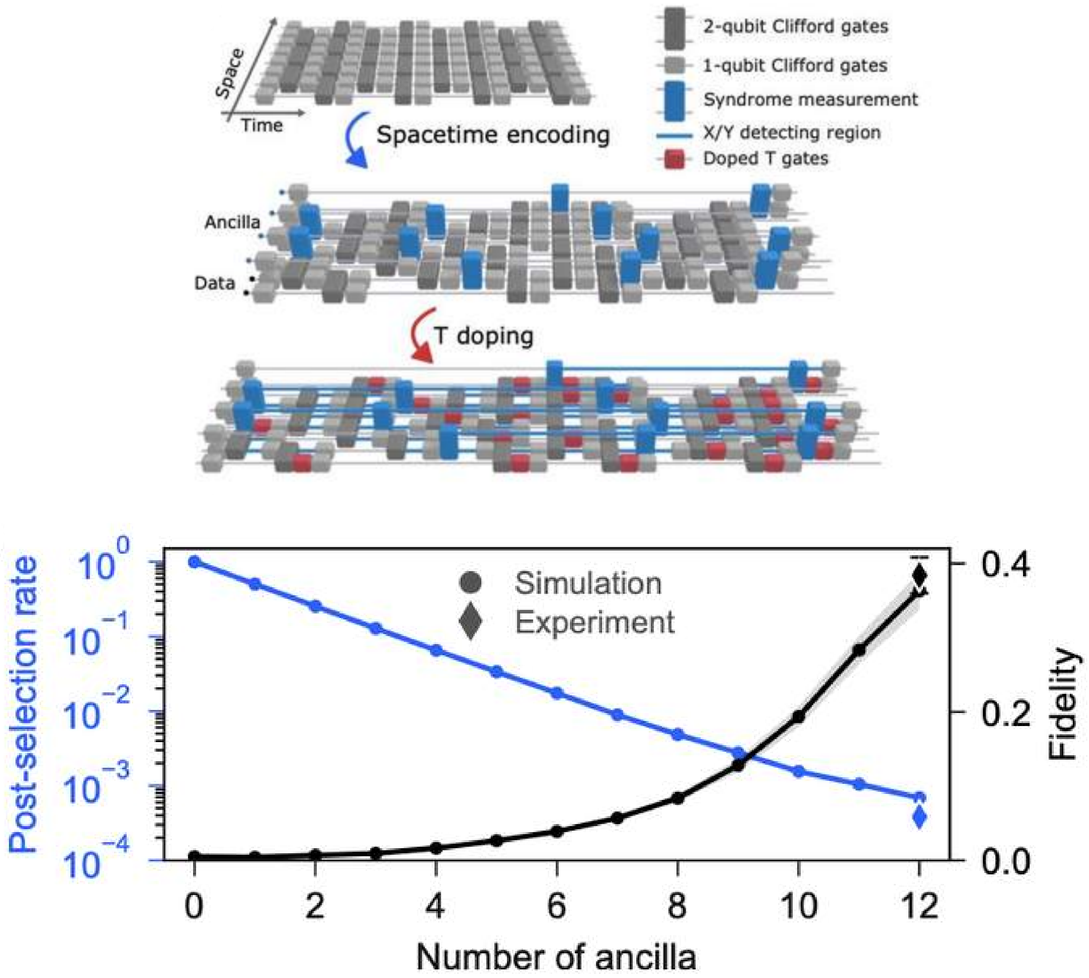


Demonstrating quantum error-correcting techniques that yield logical circuits with lower error rates than hardware

~10x

Effective improvement in gate error

(From 1.5×10^{-3} physical CZ error on HW to 2×10^{-4} logical CZ error after encoding)



- 64 logical qubits
- 2,336 gates
- 12 checks

arXiv:2607.25941 (2026)

IBM Quantum / © 2026 IBM Corporation

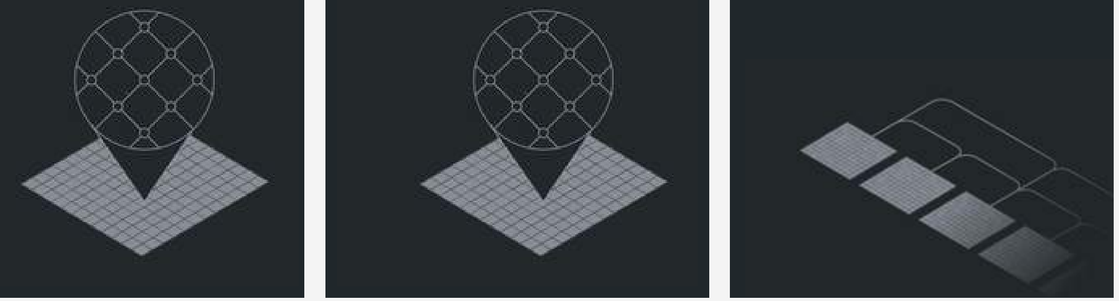
Quantum computational performance

Key performance metrics:

- Number of programmable qubits
- Number of qubit operations
- Throughput (Max circuits per second)

Outlook on client-accessible IBM quantum systems

	2026	2027	2028
	Nighthawk	Nighthawk	Nighthawk
Programmable (2Q gates)	120 qubits 7.5K operations 100K circuits/second	500+ qubits 10K operations 100K circuits/second	1000+ qubits 15K operations 100K circuits/second
Logical (T gates)	50+ qubits 1K T gates	80+ qubits 2K T gates	150+ qubits 10K T gates

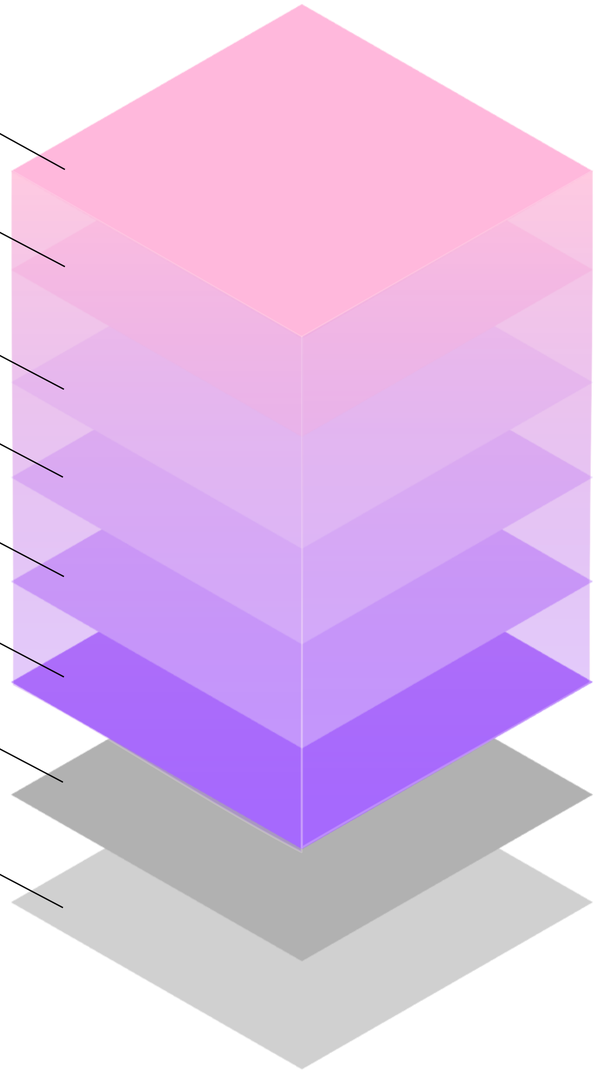


IBM Quantum / © 2026 IBM Corporation

A complete error correction stack for research

Opportunities to work from the hardware up or from algorithmic innovation down

Algorithms	Resource estimation High-level programming abstractions
Compilation	Logical circuit optimization Multi-level intermediate representations
Error mitigation	Logical noise learning Logical noise inversion (ZNE, PEC) Logical twirling
Post-selected QEC	Spacetime codes Circuit symmetries
Conditional QEC	Weak transversal rotations Non-Clifford mitigation
Hierarchical QEC	Algebraic codes
Fault-tolerant QEC	qLDPC codes
Physical qubits	IBM quantum QPU



IBM Quantum / © 2026 IBM Corporation

300mmウェーハを用いた量子プロセッサの製造

>~10x

qLDPCコードの複雑性向上

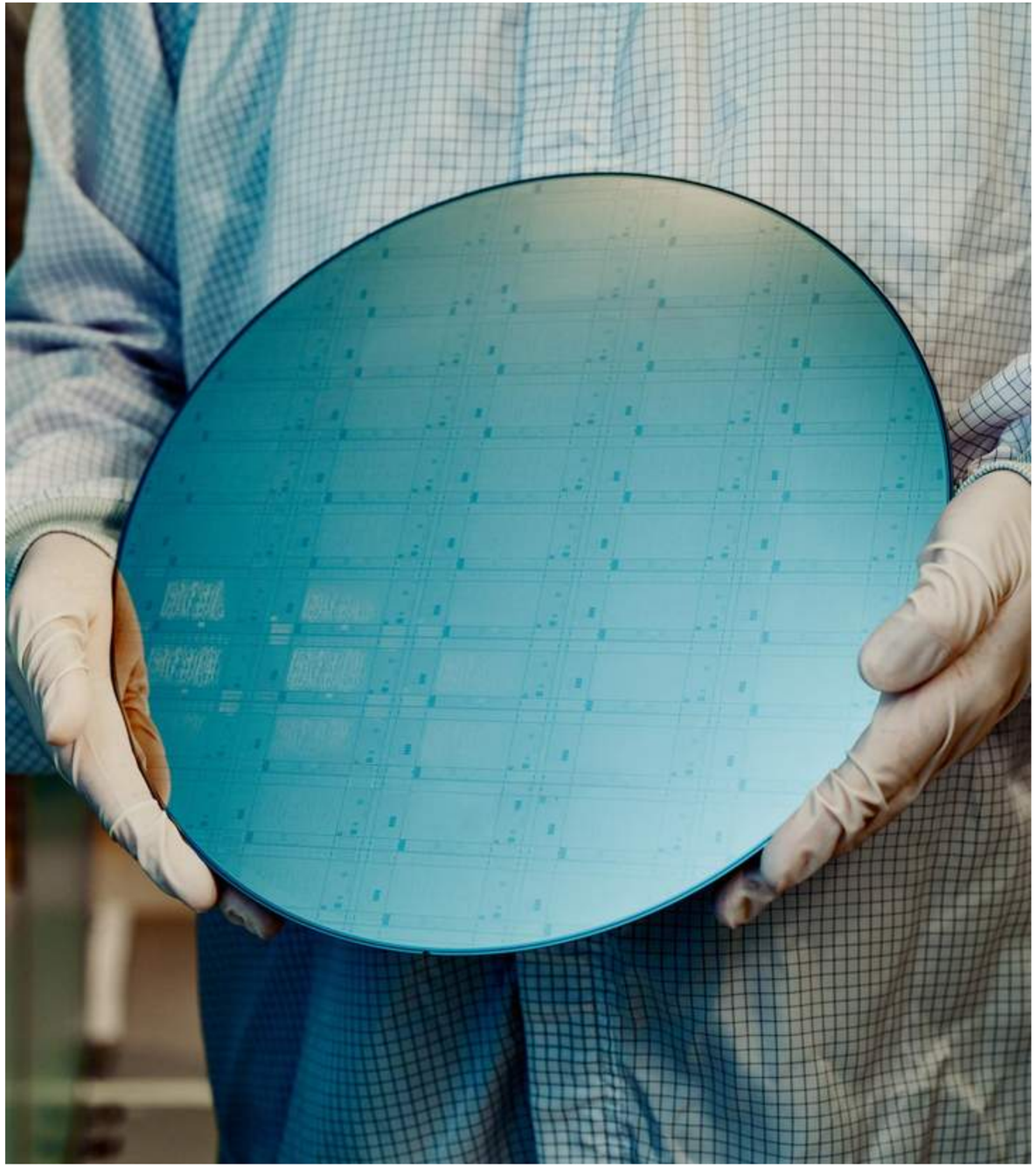
2-3x

300mm 24/7ファブラインによるウェーハあたりの処理速度向上

>11,000

Albany Nanotechで処理された量子用ウェーハ数

量子優位性と誤り耐性のある量子コンピュータに向けた進歩を加速



© 2026 IBM Corporation

Anderon

アメリカ初の純粋な
量子専用ファウンドリ

米国商務省からのCHIPS法
インセンティブ10億ドルと
IBMからの現金10億ドルにより支援

最先端の300mmファブツールと
成熟した生産能力、およびIBMの
量子ウェーハ処理基盤IPへの
即時アクセスを提供

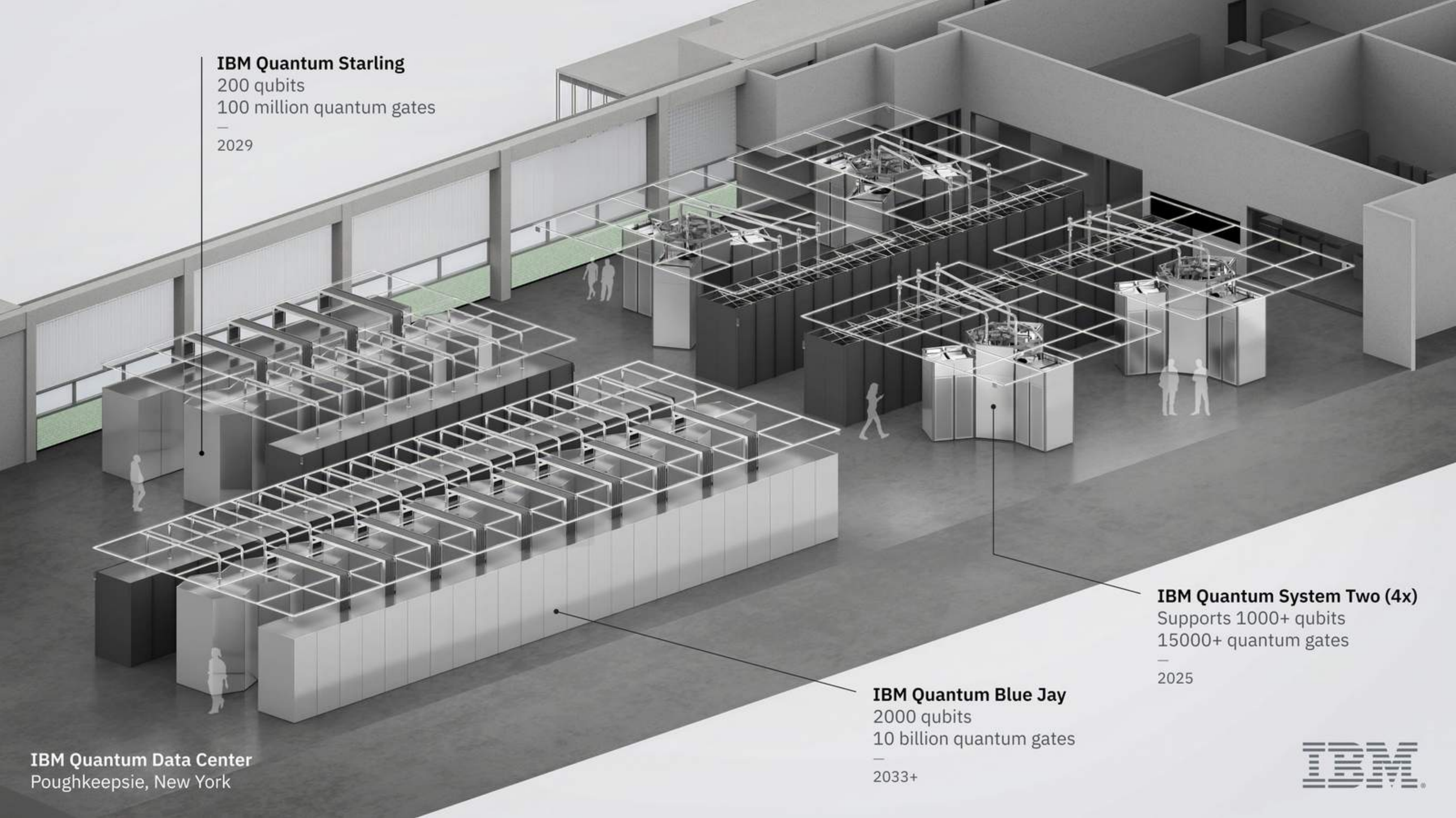


© 2026 IBM Corporation

モジュラー型の
希釈冷凍機インフラ



© 2026 IBM Corporation


IBM Quantum Starling
200 qubits
100 million quantum gates
—
2029
IBM Quantum System Two (4x)
Supports 1000+ qubits
15000+ quantum gates
—
2025
IBM Quantum Blue Jay
2000 qubits
10 billion quantum gates
—
2033+
IBM Quantum Data Center
Poughkeepsie, New York

IBMは今後5年間で100億ドルを投資し量子コンピューティングを推進

IBM Commits More Than $10 Billion to Quantum Computing, Funding Its Roadmap from Today's Leading Systems to the World's First Fault-Tolerant Quantum Computers

Five-year investment spans research and development, manufacturing, M&A and ecosystem expansion as IBM extends its global lead in quantum computing and advances U.S. leadership

Jun 2, 2026



ARMONK, N.Y., June 2, 2026 – IBM (NYSE: IBM) has announced plans to invest more than $10 billion in quantum computing over the next five years. The investment will span research and development, capital expenditure, manufacturing scaling, ecosystem partnerships, and M&A. Together, these areas are designed to accelerate IBM's quantum roadmap beyond delivering the world's first large-scale, fault-tolerant quantum computer in 2029, and advance quantum leadership anchored in the United States.

© 2026 IBM Corporation

Oak Ridge国立研究所・IBM・AMDが量子誤り訂正の共同設計プラットフォームを発表



IBM

IBM Newsroom　News　Media resources　Inside IBM　Blog

Oak Ridge National Lab, IBM, and AMD Launch New Co-Design Platform for Quantum Error Correction

New initiative combines U.S. leadership in quantum and high-performance computing to align with the Department of Energy's Quantum Genesis Mission to accelerate a path toward a scientifically relevant quantum computer by 2028

Nov 5, 2026



POUGHKEEPSIE, N.Y. -- IBM (NYSE: IBM), the U.S. Department of Energy-funded Quantum Science Center (QSC) at Oak Ridge National Laboratory (ORNL), and AMD (NASDAQ: AMD) today unveiled a new co-design platform for quantum error correction, integrating quantum and high-performance computing.

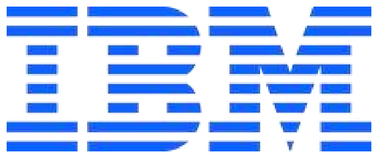
Over the last several years, researchers have made significant advances in the field of quantum error correction, including early demonstrations of protecting quantum information from noise, achieving quantum advantage over leading classical methods using techniques with guaranteed correctness, and showing that quantum computers integrated with classical computers can run industry-relevant problems. The research challenge now is to learn how to scale these advances using more classical computing.

Let’s create the future of quantum computing together

量子コンピューティングの未来を、皆様とともに



© 2026 IBM Corporation



© 2025 IBM Corporation