



LS06-01

AWS における 量子コンピューティングの取り組み

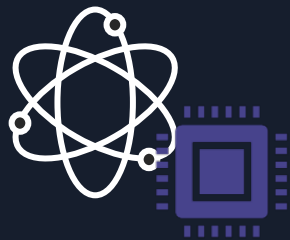
針原 佳貴

シニア 機械学習・量子 スタートアップ ソリューションアーキテクト
アマゾン ウェブ サービス ジャパン合同会社

CBI 学会 2024 年大会

ランチョンセミナー『AWS との共同研究事例紹介：
量子コンピューティングの中分子創薬への活用検討』

AWS における量子技術の取り組み



**AWS Center for
Quantum Computing**
量子コンピューティングの
研究開発



Amazon Braket
フルマネージドの
量子コンピューティングサービス



**Amazon Quantum
Solutions Lab**
最先端の量子・古典ソリューション

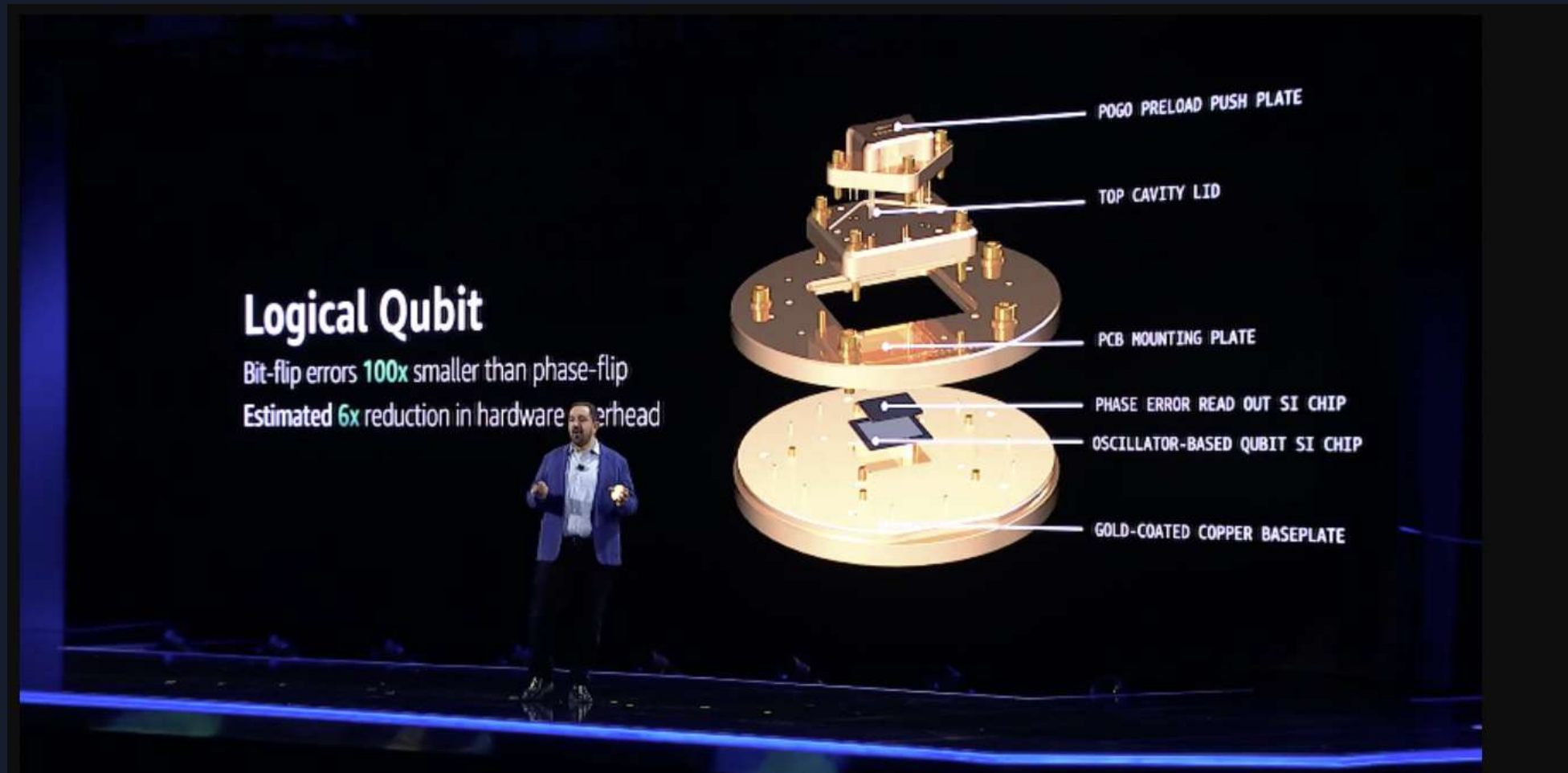


AWS Partner Network
量子コンピューティングのパートナー

AWS Center for Quantum Computing



AWS Center for Quantum Computing



AWS re:Invent 2023 Monday Night Live Keynote with Peter DeSantis

Quantum Computing <https://youtu.be/pJG6nmR7Xxl?si=aauJ8bDdh55kLtXu&t=3497>

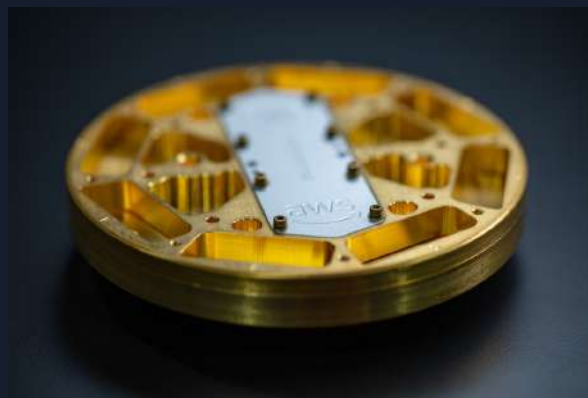


AWS Center for Quantum Computing

- 量子コンピューティングの研究開発に対する長期的な投資
- カリフォルニア工科大学 (Caltech) キャンパスに位置し量子ハードウェア・アルゴリズムの研究開発に取り組む
 - Oskar Painter (Head of Quantum Hardware)
 - Fernando Brandão (Head of Quantum Algorithms)



カリフォルニア州 Pasadena の Caltech キャンパスに位置



AWS 量子プロセッサの
マイクロ波パッケージ



量子ハードウェア
エンジニアと希釈冷凍機

<https://aws.amazon.com/jp/blogs/quantum-computing/announcing-the-opening-of-the-aws-center-for-quantum-computing/>

AWS Center for Quantum Computing

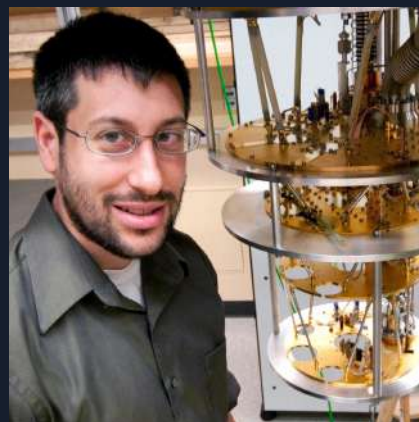
- Oskar Painter, Fernando Brandão 以外にも、Amazon Scholars, Amazon Visiting Academics として量子コンピューティング研究者を招聘
 - Alexey Gorshkov (University of Maryland)
 - Gil Refael (Caltech)
 - Amir Safavi-Naeimi (Stanford)



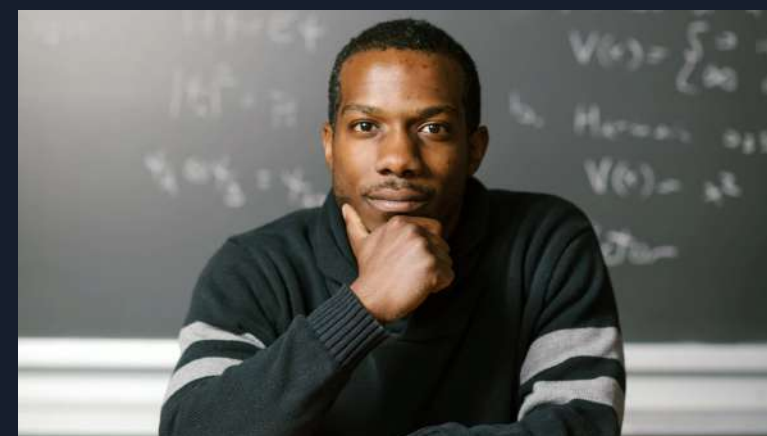
John Preskill (Caltech)



Liang Jiang (University of Chicago)



David Schuster (Stanford)

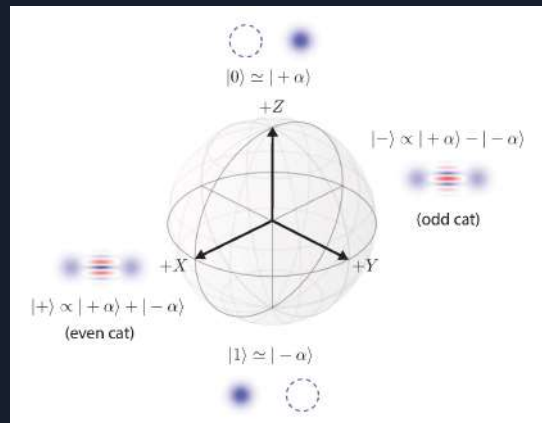


James Whitfield (Dartmouth)

誤り耐性量子コンピュータ (FTQC) 構築に向けた “concatenated cat codes”

[[PRX Quantum 3, 010329 \(2022\)](#), [Blog](#)]

AWS Center for Quantum Computing,
Caltech IQIM, イェール大、シカゴ大、スタンフォード
超伝導回路とフォノン共振器をカップリングにより、
安定化された量子ビットのアーキテクチャを分析。
Active + Passive 量子誤り訂正 (QEC) を組み合わせ、
より少ない量子ビットによる誤り訂正符号を提案。



Passive QEC (Cat qubit encoding)

PRX QUANTUM 3, 010329 (2022)

Building a Fault-Tolerant Quantum Computer Using Concatenated Cat Codes

Christopher Chamberland^{1,2,*}, Kyungjoo Noh,¹ Patricio Arrangoiz-Arriola,^{1,†} Earl T. Campbell,^{1,†}
Connor T. Hann^{1,3,†}, Joseph Iverson,^{1,†} Harald Putterman,^{1,†} Thomas C. Bohdanowicz,^{1,2}
Steven T. Flammia,¹ Andrew Keller,¹ Gil Refael,^{1,2} John Preskill,^{1,2} Liang Jiang,^{1,4}
Amir H. Safavi-Naeini,^{1,5} Oskar Painter,^{1,2} and Fernando G.S.L. Brandão^{1,2}

¹AWS Center for Quantum Computing, Pasadena, California 91125, USA

²IQIM, California Institute of Technology, Pasadena, California 91125, USA

³Department of Physics, Yale University, New Haven, Connecticut 06511, USA

⁴Pritzker School of Molecular Engineering, The University of Chicago, Illinois 60637, USA

⁵Department of Applied Physics and Ginzton Laboratory, Stanford University, Stanford, California 94305, USA

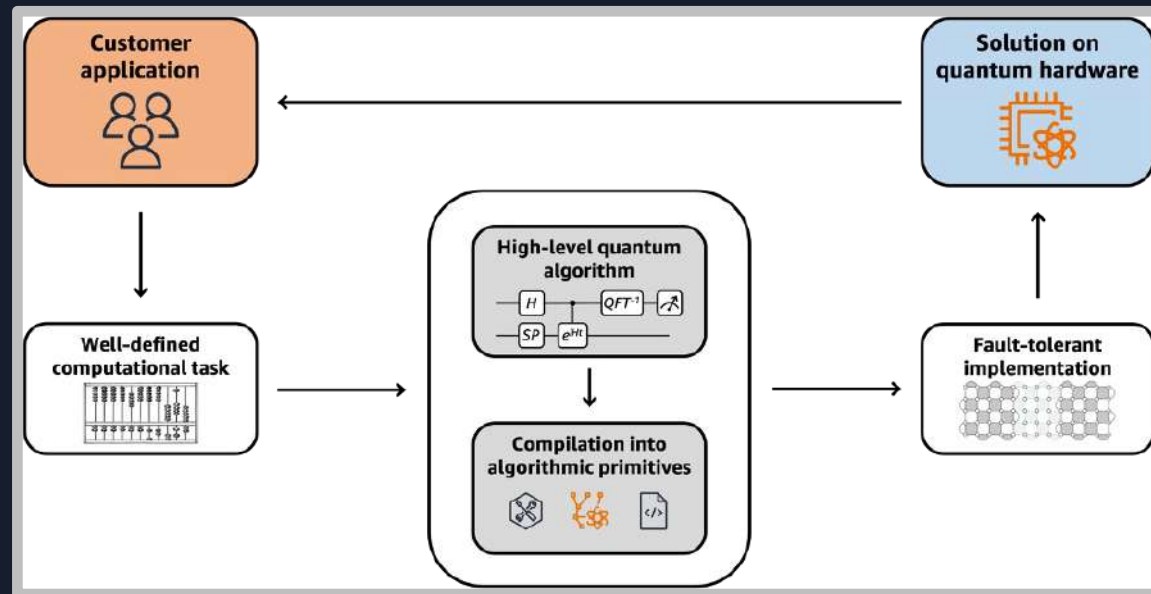
(Received 21 December 2020; revised 3 November 2021; accepted 26 January 2022; published 23 February 2022)

We present a comprehensive architectural analysis for a proposed fault-tolerant quantum computer based on cat codes concatenated with outer quantum error-correcting codes. For the physical hardware, we propose a system of acoustic resonators coupled to superconducting circuits with a two-dimensional layout. Using estimated physical parameters for the hardware, we perform a detailed error analysis of measurements and gates, including CNOT and Toffoli gates. Having built a realistic noise model, we numerically simulate quantum error correction when the outer code is either a repetition code or a thin rectangular surface code. Our next step toward universal fault-tolerant quantum computation is a protocol for fault-tolerant Toffoli magic state preparation that significantly improves upon the fidelity of physical Toffoli gates at very low qubit cost. To achieve even lower overheads, we devise a new magic state distillation protocol for Toffoli states. Combining these results together, we obtain realistic full-resource estimates of the physical error rates and overheads needed to run useful fault-tolerant quantum algorithms. We find that with around 1000 superconducting circuit components, one could construct a fault-tolerant quantum computer that can run circuits, which are currently intractable for classical computers. Hardware with 18 000 superconducting circuit components, in turn, could simulate the Hubbard model in a regime beyond the reach of classical computing.

DOI: [10.1103/PRXQuantum.3.010329](https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.3.010329)

サーベイ: “End-to-End” 量子アルゴリズム

- 量子コンピュータが実用的な問題を解くために「充分」な計算リソースはどれくらいか？
- アルゴリズム実行に必要な量子ビット数や量子操作 (ゲート) 数を見積もるための “end-to-end” なリソース推定



<https://aws.amazon.com/blogs/quantum-computing/constructing-end-to-end-quantum-algorithm/>

Amazon Braket



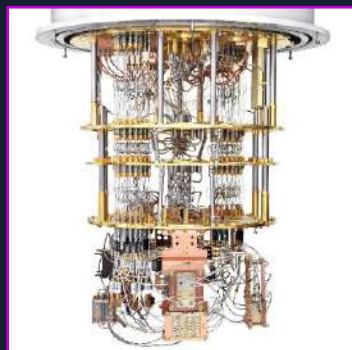
Amazon Braket で利用できる量子コンピュータ



イオントラップ

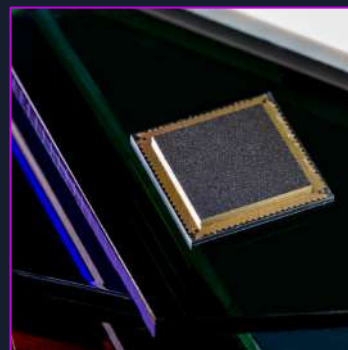
Aria (25 qubits)

Forte (36 qubits)



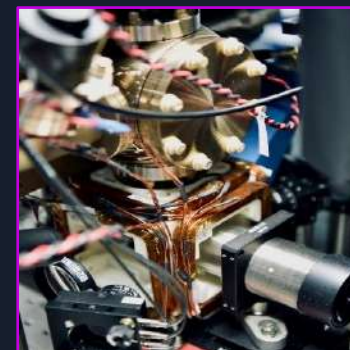
超伝導

Ankaa-2 (84 qubits)



超伝導

Garnet (20 qubits)

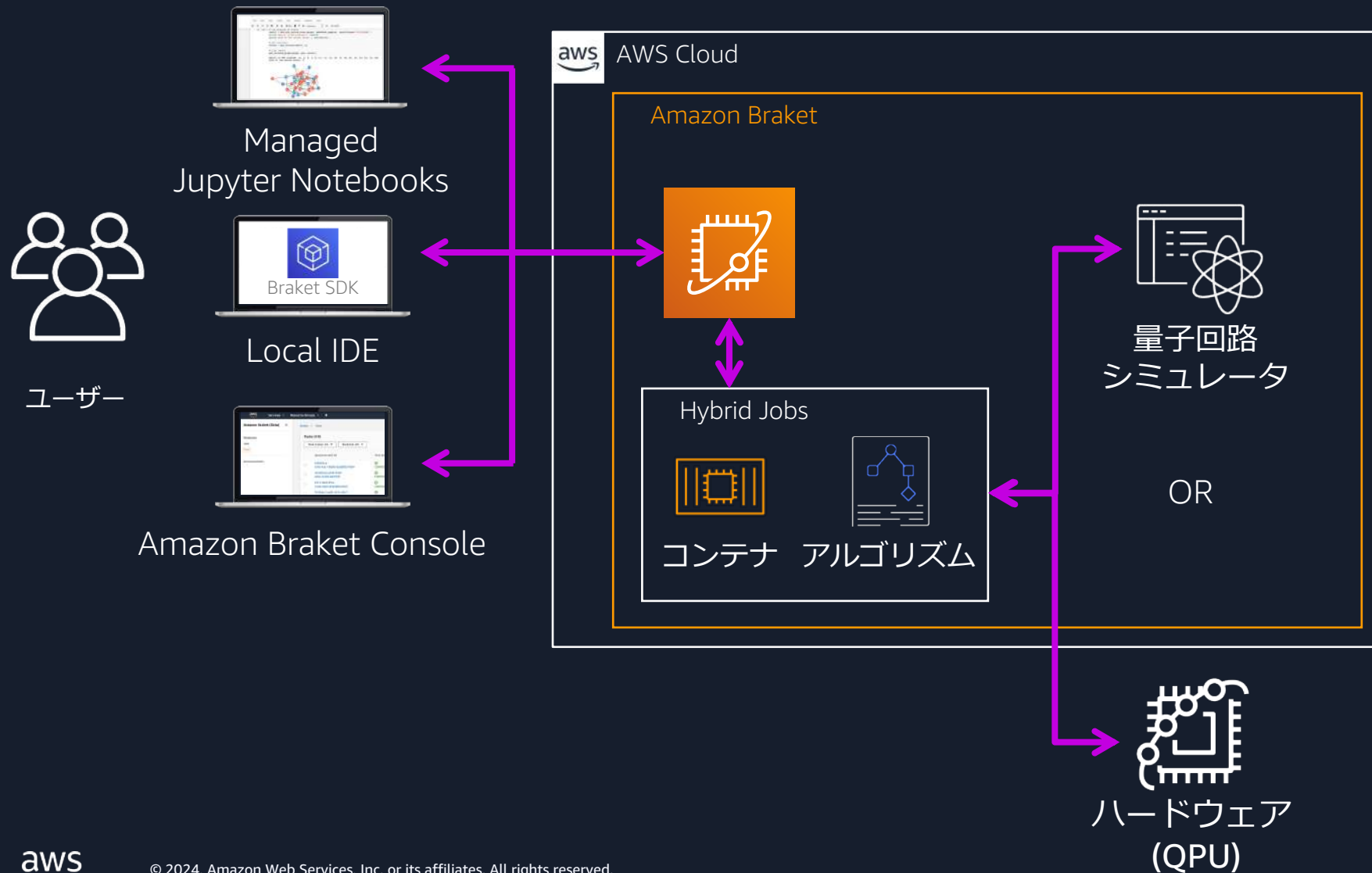


中性原子

Aquila (256 qubits)



Braket Hybrid Jobs: ハイブリッドアルゴリズムの実行



オンデマンド利用

アルゴリズムを実行し、終了後はリソースを解放

ジョブ監視

カスタムメトリクスのライブモニタリング

ハイパフォーマンス

QPU 優先アクセスと、スループット最適化

Amazon Braket Direct

多様なハードウェアを使った実験により
量子研究を加速

専有アクセス

専門家からのアドバイス

最新のイノベーション

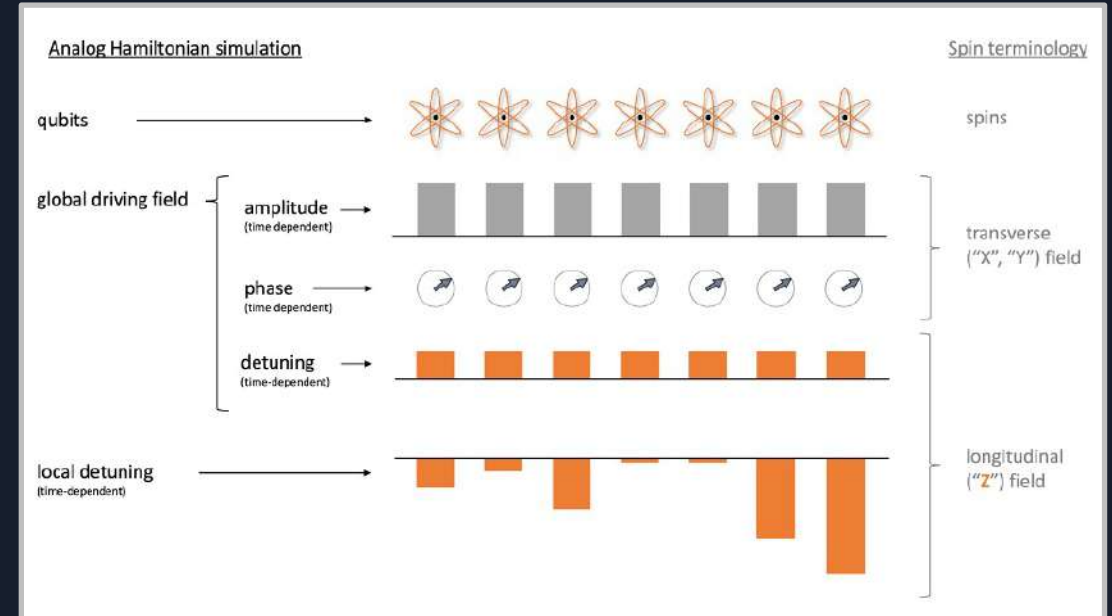


Braket Direct による実験的な機能の提供



IonQ Forte

36-qubit ion-trap available through Braket Direct



QuEra

Local detuning and tall/tight geometries

Amazon Quantum Solutions Lab and AWS Partner Network

Amazon Quantum Solutions Lab

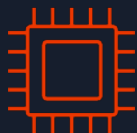
お客様の課題から逆算した支援



機械学習



量子
コンピューティング



HPC / 古典
コンピューティング

Deep learning ソリューション

ユース
ケース

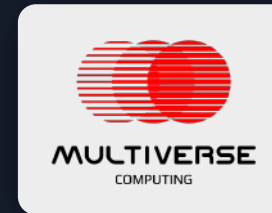
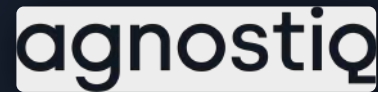
量子コンピューティングプロトタイプ
新規アルゴリズムとアプローチ

ベンチマーク

結果

Nature-inspired optimization (NIO),
HPC, オペレーションズリサーチ

Bracket 上でサービス構築する AWS パートナー



AWS 上で 量子コンピューティングワークロードを 実行しているお客様事例

量子コンピュータのお客様



量子スタートアップ



エンタープライズ企業



大学・研究機関



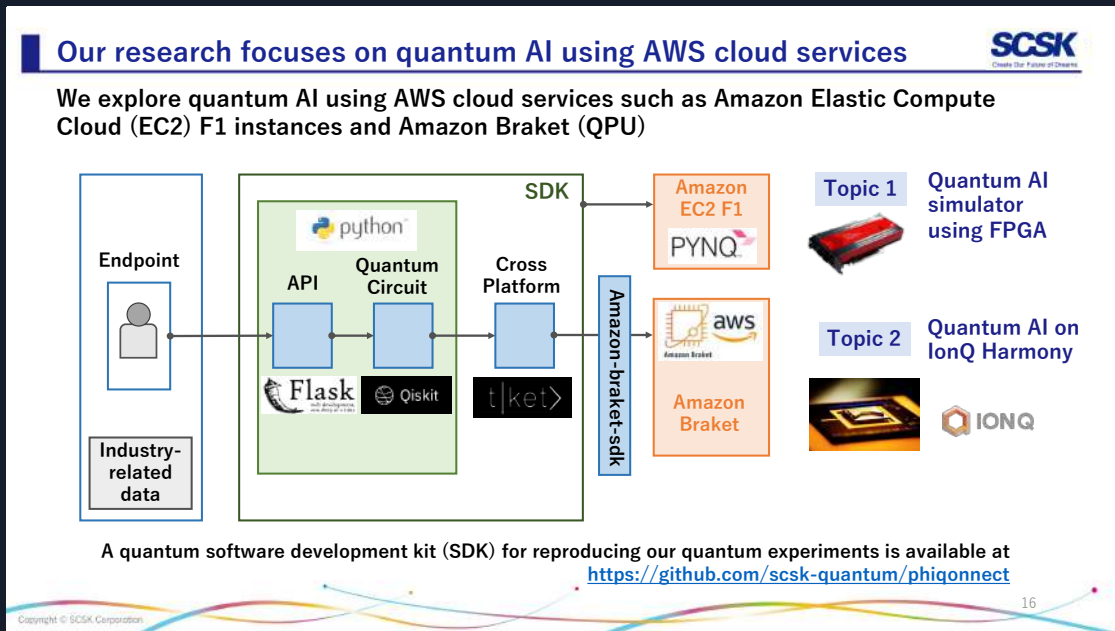
弊社では中分子創薬研究に取り組んでおります。
量子コンピュータに実装可能な解法によるペプチド分子の
ドッキングシミュレーションに関して Amazon Quantum
Solutions Lab と連携して PoC 検証を実施しました。
古典的な解法と比較しながら検証することで、
両解法の Scope と Limitation を理解することができました。
今回の PoC 検証を踏まえて、
古典的な解法から研究を開始し創薬研究での
本アプローチの実用性を検証しようとしています。

荒川 晶彦 博士

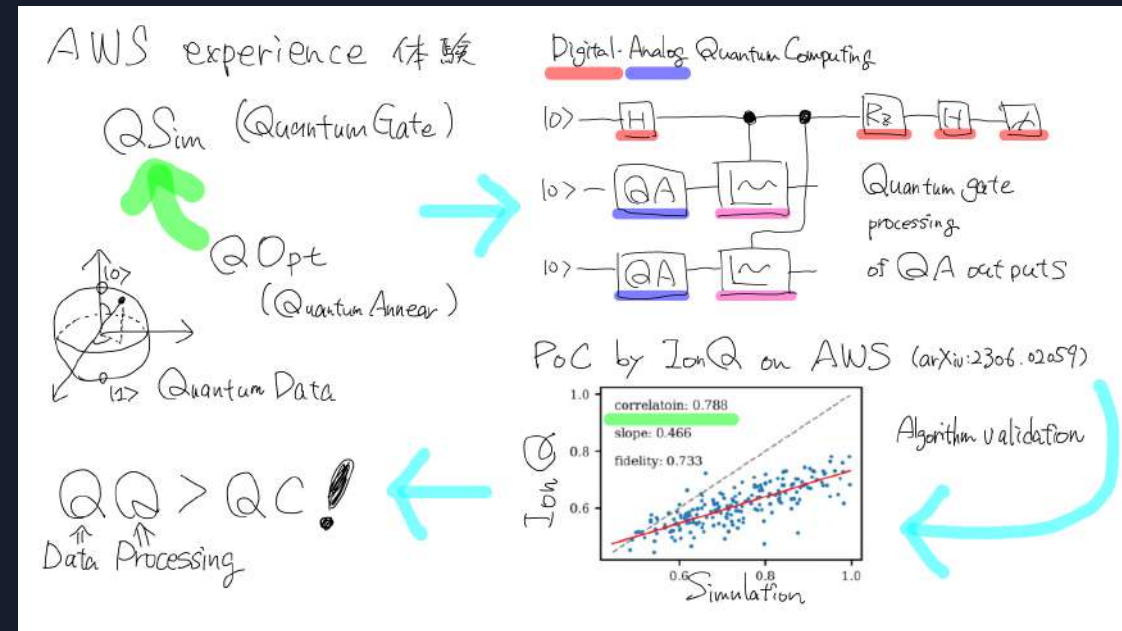
中外製薬株式会社 研究本部 創薬化学研究部



Amazon Braket で量子機械学習



SCSK leveraged Amazon EC2 F1 (FPGA) instances and Amazon Braket IonQ Harmony QPU to explore quantum AI.
[Dr. Teppei Suzuki, Q2B23 Tokyo]



Denso worked on the research in the intersection of AI and quantum, aiming automation of science.
[Dr. Tadashi Kadowaki, Q2B23 Tokyo]

富士通ハイブリッド量子コンピューティングクラウド (国産2号機) での AWS 利用

Fujitsu and RIKEN develop superconducting quantum computer at the RIKEN RQC-Fujitsu Collaboration Center, paving the way for platform for hybrid quantum computing

Platform leverages new 64 qubit superconducting quantum computer to accelerate R&D for quantum chemistry calculations and quantum financial algorithms

Fujitsu Limited, RIKEN

Tokyo, October 5, 2023



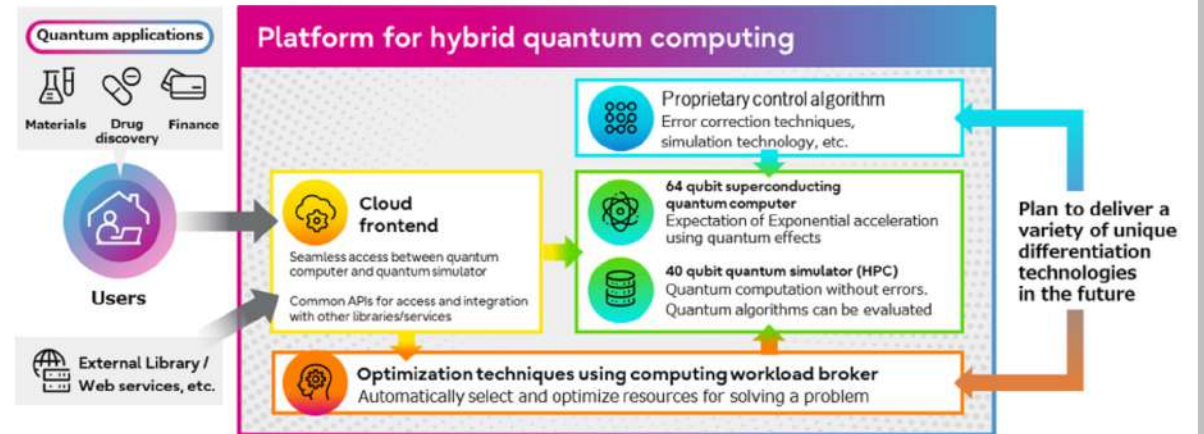
AWS Lambda

Serverless Compute

About the new hybrid quantum computing platform

The new platform is implemented as a scalable cloud architecture by utilizing cloud services such as serverless computing service **AWS Lambda** provided by Amazon Web Services (AWS). It offers companies and research institutions collaborating with Fujitsu and RIKEN a seamless access environment for both the quantum computer and quantum simulator via common APIs.

The two parties anticipate that the new platform will enable flexible switching between quantum computing and quantum simulation necessary for the development of hybrid algorithms that use both classical and quantum computers, such as the Variational Quantum Eigensolver (VQE) algorithm for molecular energy calculation in quantum chemistry or quantum machine learning algorithms in finance. Fujitsu and RIKEN further expect that the new platform can be linked to external quantum chemistry calculation libraries in the future.



Overview of the new platform for hybrid quantum computing

大阪大学に設置した超伝導量子コンピュータ 国産3号機のクラウドサービスを開始

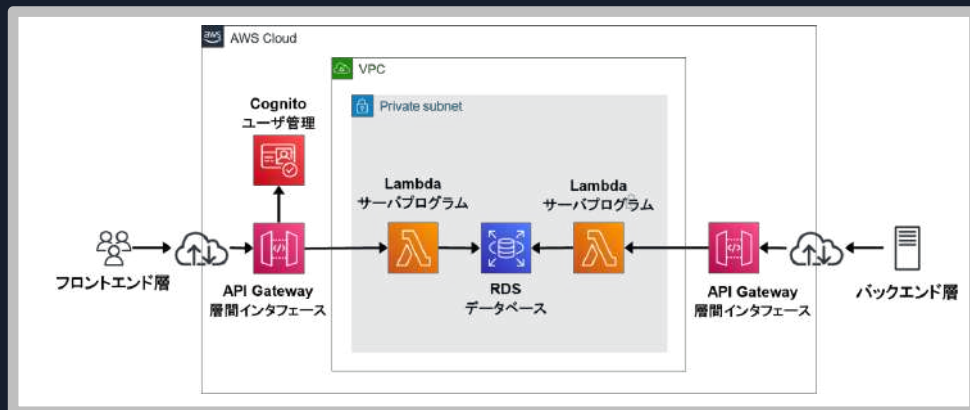


大阪大学に設置した超伝導量子コンピュータ 国産3号機のクラウドサービスを開始

国産部品やソフトウェアの検証・改善環境を構築し日本の量子コンピュータ開発を加速

2023-12-20 ● 工学系

量子情報・量子生命研究センター 准教授 根来 誠



Serverless Architecture with AWS Lambda
[Satoyuki Tsukano, et al., QSRH 2024]

A consortium of joint research partners including the Center for Quantum Information and Quantum Biology at Osaka University, RIKEN, the Advanced Semiconductor Research Center at the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), the Superconducting ICT Laboratory at the National Institute of Information and Communications Technology (NICT), Amazon Web Services, e-trees.Japan, Inc., Fujitsu Limited, NTT Corporation (NTT), QuEL, Inc., QunaSys Inc., and Systems Engineering Consultants Co.,LTD. (SEC) today announced the successful development of Japan's third superconducting quantum computer ⁽¹⁾ installed at Osaka University. Starting December 22, 2023, the partners will provide users in Japan access to the newly developed computer via the cloud, enabling researchers to execute quantum algorithms ⁽²⁾, improve and verify the operation of software, and explore use cases remotely.



大阪大学と AWS は、国立研究開発法人科学技術振興機構が公募する「共創の場形成支援プログラム」(COI-NEXT) に採択されたプログラムの実施にあたり覚書を締結し、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に向けた取り組みを共同で進めています。

様々な量子コンピュータ技術を手軽に使える Amazon Braket と、AWS からの手厚い技術支援は、量子人材育成を進める上で必要不可欠な存在だと実感しています。

北川 勝浩 教授

大阪大学 量子情報・量子生命研究センター センター長



Braket Learning Plan とデジタルバッジ

1. Amazon Braket Getting Started コース (60分)

サービスの概要と、Braket を使用して量子コンピューターをプログラミングし、潜在的なアプリケーションを探索する方法について説明します。

2. Quantum application development with Amazon Braket コース (90分)

量子タスクの実行方法、Hybrid Jobs による量子アルゴリズムの実行方法、Braket Pulse などの高度なトピックについて詳しく説明します。



<https://aws.amazon.com/blogs/quantum-computing/introducing-the-amazon-braket-learning-plan-and-digital-badge/>

Thank you!

針原 佳貴

hariby@amazon.co.jp

X @_hariby



Read more on the
AWS Quantum
Technologies blog



Bracket Learning Plan

