

TROY TECHNICAL

量子コンピュータ ウィークリーレポート

2026年10月17日-10月23日 | Issue 2026-W42

検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性

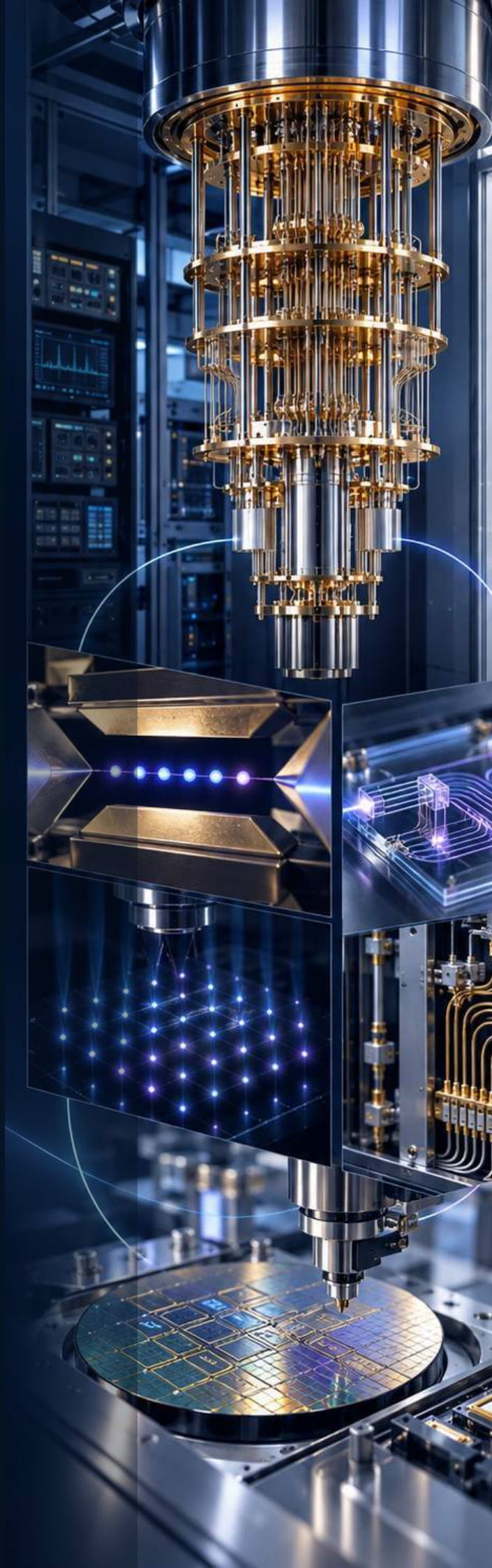
17

分析対象

10

重点テーマ

発行 2026-10-23 | 日本語版 | 承認済み固定表紙



量子コンピュータ:個別発表から認定証拠へ境界が移動

日本語記事17件を棚卸しし、意思決定に重要なテーマを選定した。

シグナル 01 | 量子ビット

IBM Research|QECデコーダチップ設計のAI自動化、推論コスト削減と高速化の性能

IBM Researchは、AI「エージェント・ファクトリー」を用いて量子誤り訂正(QEC)デコーダ専用の古典ハードウェア設計を自動化した。オープンウェイトモデルと分散推論スタックの活用により、AI推論コストを11.5倍削減しつつ、ハードウェアの速度を最大204倍向上させることに成功した。この成果は、オープンなAIモデルと効率的なインフラを組み合わせることで、スケラブルな耐故障性量子システムの構築に向けたチップ設計を経済的に実用化できることを示している。

シグナル 02 | 制御スタック

Kipu Quantum|中性原子量子プロセッサによる分子毒性分類の性能向上と手法

Kipu Quantumが、QuEra Computingの中性原子量子プロセッサを用いて、分子の毒性分類における量子特徴抽出の有効性を実証しました。200量子ビットの配列を用いた実験では、不均衡データセットにおいてBalanced Accuracyが0.55から0.70へ向上し、F1スコアは約0.30から0.60へと倍増しました。従来のゲートベースの量子機械学習が抱えるノイズ問題を、アナログ量子ダイナミクスの活用によって回避した点が技術的なポイントです。

シグナル 03 | 誤り訂正

TRIOパルスとは|超伝導量子プロセッサの制御誤差を抑制する新手法と性能

チャルマース工科大学などの研究チームが、制御振幅の誤設定や周波数デチューニング誤差に強い量子制御フレームワーク「TRIOパルス」を開発し、実験的に検証しました。超伝導トランスモンプロセッサを用いた試験では、90ナノ秒のTRIO Xゲートで99.90%のIRBフィデリティを達成し、振幅変動20%およびデチューニングシフト4 MHzの条件下でも99.5%以上のフィデリティを維持しました。

シグナル 04 | システム利用

シリコンスピン量子ビット|RIKENらが実現した同時制御の精度と99.9%の閾値突破

RIKEN、国立台湾大学、ETH Zurich、デルフト工科大学の研究チームが、5つのシリコン量子ドットアレイにおいて、単一の共有マイクロ波制御線を用いた高フィデリティな同時単一量子ビット操作を実証しました。AC-Starkシフトに起因するクロストークを解消するペアワイズ校正プロトコルを導入し、5量子ビット同時動作時でもゲートフィデリティ99.9%以上を維持することに成功しています。

編集判断

今週の経営判断は 検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性 に集中する。自社条件で関連証拠を再現できる場合だけ次へ進む。

経営の3アクション

- 事業会社: 価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する。
- 供給企業: 部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する。
- 経営層: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。

証拠の読み方

FACTは収集記事に書かれた内容、事業への読みとACTIONは編集判断、UNKNOWNは記事だけでは確定しない項目を示す。リンク先があることだけで、全主張が独立検証済みとは扱わない。

条件と一緒に読む主要数値・証拠5件

11.5倍

A14

数値の条件

IBM Researchは、AI「エージェント・ファクトリー」を用いて量子誤り訂正(QEC)デコーダ専用の古典ハードウェア設計を自動化した。オープンウェイトモデルと分散推論スタックの活用により、AI推論コストを11.5倍削減しつつ、ハードウェアの速度を最大204倍向上させることに成功した。

200量子
ビット

A17

数値の条件

Kipu Quantumが、QuEra Computingの中性原子量子プロセッサを用いて、分子の毒性分類における量子特徴抽出の有効性を実証しました。200量子ビットの配列を用いた実験では、不均衡データセットにおいてBalanced Accuracyが0.55から0.70へ向上し、F1スコアは約0.30から0.60へと倍増しました。

99.90%

A09

数値の条件

チャルマース工科大学などの研究チームが、制御振幅の誤設定や周波数デチューニング誤差に強い量子制御フレームワーク「TRIOパルス」を開発し、実験的に検証しました。超伝導トランスモンプロセッサを用いた試験では、90ナノ秒のTRIO Xゲートで99.90%のIRBフィデリティを達成し、振幅変動20%およびデチューニングシフト4 MHzの条件下でも99.5%以上のフィデリティを維持しました。

5量子ビッ
ト

A15

数値の条件

RIKEN、国立台湾大学、ETH Zurich、デルフト工科大学の研究チームが、5つのシリコン量子ドットアレイにおいて、単一の共有マイクロ波制御線を用いた高フィデリティな同時単一量子ビット操作を実証しました。AC-Starkシフトに起因するクロストークを解消するペアワイズ校正プロトコルを導入し、5量子ビット同時動作時でもゲートフィデリティ99.9%以上を維持することに成功しています。

40倍

A02

数値の条件

Google Quantum AIは、量子コンピューティングの主要なボトルネックとされる「魔法状態(magic state)」の生成効率を劇的に向上させる「魔法状態培養(magic state cultivation)」の実証に成功した。同社のWillowプロセッサを用いた検証では、従来比でエラーを約40倍削減し、T状態において記録的な論理フィデリティ99.99%を達成した。

数値の読み方

数値は収集記事が示した条件と一緒に掲載する。試験法、寸法、温度、商用段階が異なる値を、条件補正なしで比較しない。

バリューチェーンはどこで動いたか

各段階に主テーマと補助テーマを接続する。矢印は装飾ではなく、次工程へ渡す証拠を示す。



各受渡しで必要な証拠

量子ビット → 制御スタック	試験条件、受入基準、故障データ、担当、判断日を渡し、再確認する: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期.
制御スタック → 誤り訂正	試験条件、受入基準、故障データ、担当、判断日を渡し、再確認する: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期.
誤り訂正 → システム利用	試験条件、受入基準、故障データ、担当、判断日を渡し、再確認する: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期.
システム利用 → 用途	試験条件、受入基準、故障データ、担当、判断日を渡し、再確認する: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期.

共通管理点

担当者が関連証拠を再現し、次を記録するまで商用判断へ進めない: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期.

プライオリティマップ:実装成熟度と次の判断場所



再現可能な配置ルール

横軸は研究・試作・共同評価・製品採用・量産の5段階。縦の帯は次の判断場所を技術・工程、システム・導入、事業・制度・供給に分ける。まず記事見出しの根拠語を使い、見出しで判断できない場合だけ概要を参照する。上下は影響の大小を意味しない。円径は編集スコアを示す。

FACTは収集記事に接続し、事業への読み、ACTION、UNKNOWNは編集判断として分離する。

P01

IBM Research|QECデコーダチップ設計のAI自動化、推論コスト削減と高速化の性能

A14 | 量子ビット | 試作

日付未収録

FACT

IBM Researchは、AI「エージェント・ファクトリー」を用いて量子誤り訂正(QEC)デコーダ専用の古典ハードウェア設計を自動化した。オープンウェイトモデルと分散推論スタックの活用により、AI推論コストを11.5倍削減しつつ、ハードウェアの速度を最大204倍向上させることに成功した。この成果は、オープンなAIモデルと効率的なインフラを組み合わせることで、スケーラブルな耐故障性量子システムの構築に向けたチップ設計を経済的に実用化できることを示している。

なぜ重要か

判断上の焦点は「検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性」である。見出しだけで採用せず、用途と運用条件で再現できるかを確認する。

事業への読み

事業会社は現在の認定・調達・製品ロードマップへの影響を比較する。材料・装置・技術企業は、部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する。

ACTION

30日以内に、価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する。結果と担当者をP01の評価票へ記録する。

UNKNOWN

記事だけでは確定しない項目: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。

編集スコア 19/25 | 成熟度 2/5 | 判断場所: 事業・制度・供給

P02

Kipu Quantum|中性原子量子プロセッサによる分子毒性分類の性能向上と手法

A17 | 制御スタック | 共同評価

日付未収録

FACT

Kipu Quantumが、QuEra Computingの中性原子量子プロセッサを用いて、分子の毒性分類における量子特徴抽出の有効性を実証しました。200量子ビットの配列を用いた実験では、不均衡データセットにおいてBalanced Accuracyが0.55から0.70へ向上し、F1スコアは約0.30から0.60へと倍増しました。従来のゲートベースの量子機械学習が抱えるノイズ問題を、アナログ量子ダイナミクスの活用によって回避した点が技術的なポイントです。

なぜ重要か

判断上の焦点は「検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性」である。見出しだけで採用せず、用途と運用条件で再現できるかを確認する。

事業への読み

事業会社は現在の認定・調達・製品ロードマップへの影響を比較する。材料・装置・技術企業は、部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する。

ACTION

30日以内に、価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する。結果と担当者をP02の評価票へ記録する。

UNKNOWN

記事だけでは確定しない項目: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。

編集スコア 19/25 | 成熟度 3/5 | 判断場所: 技術・工程

FACTは収集記事に接続し、事業への読み、ACTION、UNKNOWNは編集判断として分離する。

P03

TRIOパルスとは|超伝導量子プロセッサの制御誤差を抑制する新手法と性能

A09 | 誤り訂正 | 共同評価

日付未収録

FACT

チャルマース工科大学などの研究チームが、制御振幅の誤設定や周波数デチューニング誤差に強い量子制御フレームワーク「TRIOパルス」を開発し、実験的に検証しました。超伝導トランスモンプロセッサを用いた試験では、90ナノ秒のTRIO Xゲートで99.90%のIRBフィデリティを達成し、振幅変動20%およびデチューニングシフト4 MHzの条件下でも99.5%以上のフィデリティを維持しました。この技術は、従来のDRAGガウスパルスに比べ高フィデリティ実行が可能なパラメータ範囲を1桁拡大させ、大規模量子プロセッサにおける定期的な再校正のオーバーヘッドを削減する道を開きます。

なぜ重要か

判断上の焦点は「検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性」である。見出しだけで採用せず、用途と運用条件で再現できるかを確認する。

事業への読み

事業会社は現在の認定・調達・製品ロードマップへの影響を比較する。材料・装置・技術企業は、部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する。

ACTION

30日以内に、価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する。結果と担当者をP03の評価票へ記録する。

UNKNOWN

記事だけでは確定しない項目: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。

編集スコア 18/25 | 成熟度 3/5 | 判断場所: 技術・工程

P04

シリコンスピン量子ビット|RIKENらが実現した同時制御の精度と99.9%の閾値突破

A15 | システム利用 | 製品採用

日付未収録

FACT

RIKEN、国立台湾大学、ETH Zurich、デルフト工科大学の研究チームが、5つのシリコン量子ドットアレイにおいて、単一の共有マイクロ波制御線を用いた高フィデリティな同時単一量子ビット操作を実証しました。AC-Starkシフトに起因するクロストークを解消するペアワイズ校正プロトコルを導入し、5量子ビット同時動作時でもゲートフィデリティ99.9%以上を維持することに成功しています。これにより、2次元表面コードを用いた量子誤り訂正(QEC)に必要な最小要件を満たし、スケーラブルな量子プロセッサ(QPU)への道が開かれました。

なぜ重要か

判断上の焦点は「検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性」である。見出しだけで採用せず、用途と運用条件で再現できるかを確認する。

事業への読み

事業会社は現在の認定・調達・製品ロードマップへの影響を比較する。材料・装置・技術企業は、部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する。

ACTION

30日以内に、価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する。結果と担当者をP04の評価票へ記録する。

UNKNOWN

記事だけでは確定しない項目: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。

編集スコア 18/25 | 成熟度 4/5 | 判断場所: システム・導入

FACTは収集記事に接続し、事業への読み、ACTION、UNKNOWNは編集判断として分離する。

P05

Google Quantum AI|量子計算のボトルネックを解消する「魔法状態培養」の性能

A02 | 用途 | 共同評価

日付未収録

FACT

Google Quantum AIは、量子コンピューティングの主要なボトルネックとされる「魔法状態(magic state)」の生成効率を劇的に向上させる「魔法状態培養(magic state cultivation)」の実証に成功した。同社のWillowプロセッサを用いた検証では、従来比でエラーを約40倍削減し、T状態において記録的な論理フィデリティ99.99%を達成した。この成果は、実用的な量子計算に必要なリソース消費量を大幅に抑え、大規模な量子コンピュータの実現に向けた重要な一歩となる。

なぜ重要か

判断上の焦点は「検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性」である。見出しだけで採用せず、用途と運用条件で再現できるかを確認する。

事業への読み

事業会社は現在の認定・調達・製品ロードマップへの影響を比較する。材料・装置・技術企業は、部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する。

ACTION

30日以内に、価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する。結果と担当者をP05の評価票へ記録する。

UNKNOWN

記事だけでは確定しない項目: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。

編集スコア 18/25 | 成熟度 3/5 | 判断場所: 技術・工程

P06

モジュール型双曲面コード|Googleらが実現したQECオーバーヘッド30倍以上の削減

A13 | 量子ビット | 試作

日付未収録

FACT

Google Quantum AI、Google DeepMind、MITの研究チームが、標準的な2D表面コードと比較して物理量子ビットのオーバーヘッドを30倍以上削減するモジュール型量子誤り訂正(QEC)アーキテクチャを開発しました。この手法は、小規模な2D平面チップを双曲面タイリング幾何学で接続することで、複雑な配線を避けつつ量子低密度パリティ検査(qLDPC)コードの高い符号化率を実現します。これにより、量子コンピュータの実装における物理リソースの劇的な効率化が可能になります。

なぜ重要か

判断上の焦点は「検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性」である。見出しだけで採用せず、用途と運用条件で再現できるかを確認する。

事業への読み

事業会社は現在の認定・調達・製品ロードマップへの影響を比較する。材料・装置・技術企業は、部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する。

ACTION

30日以内に、価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する。結果と担当者をP06の評価票へ記録する。

UNKNOWN

記事だけでは確定しない項目: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。

編集スコア 18/25 | 成熟度 2/5 | 判断場所: 事業・制度・供給

FACTは収集記事に接続し、事業への読み、ACTION、UNKNOWNは編集判断として分離する。

P07

D-Wave|728量子ビットを用いた3D高次トポロジカル絶縁体のシミュレーション性能

A06 | 制御スタック | 製品採用

日付未収録

FACT

D-Wave Quantumの研究チームが、Advantage2プロセッサを用いて1D、2D、および3Dの高次トポロジカル絶縁体(HOTI)の実現と特性評価に成功しました。最大728量子ビットを使用し、新しいアナログ・デジタル量子制御プロトコルを導入することで、3Dバルクのトポロジカル不変量の抽出に世界で初めて成功しています。これにより、量子アニーリングハードウェアが多次元凝縮系物理学や非相互作用トポロジカル材料のプログラム可能なシミュレーターとして機能することが証明されました。

なぜ重要か

判断上の焦点は「検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性」である。見出しだけで採用せず、用途と運用条件で再現できるかを確認する。

事業への読み

事業会社は現在の認定・調達・製品ロードマップへの影響を比較する。材料・装置・技術企業は、部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する。

ACTION

30日以内に、価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する。結果と担当者をP07の評価票へ記録する。

UNKNOWN

記事だけでは確定しない項目: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。

編集スコア 18/25 | 成熟度 4/5 | 判断場所: システム・導入

P08

関連デコード|表面コードの距離損失を解消する新手法、Riverlaneらが開発

A07 | 誤り訂正 | 製品採用

日付未収録

FACT

ライデン大学とRiverlaneの研究チームが、関連デコードで用いられる標準的な「再重み付け(re-weighting)」プロトコルに根本的な構造的欠陥があることを突き止めました。物理エラー率が閾値を大幅に下回る領域($p < 10^{-3}$)において、実効的なコード距離が1ユニット分失われ、論理故障率が予想以上に高まることが判明しています。この問題に対し、エラー率に依存する正則化パラメータを導入することで、距離のスケーリングを回復させ、デコード精度の利点を維持することに成功しました。

なぜ重要か

判断上の焦点は「検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性」である。見出しだけで採用せず、用途と運用条件で再現できるかを確認する。

事業への読み

事業会社は現在の認定・調達・製品ロードマップへの影響を比較する。材料・装置・技術企業は、部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する。

ACTION

30日以内に、価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する。結果と担当者をP08の評価票へ記録する。

UNKNOWN

記事だけでは確定しない項目: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。

編集スコア 18/25 | 成熟度 4/5 | 判断場所: 事業・制度・供給

FACTは収集記事に接続し、事業への読み、ACTION、UNKNOWNは編集判断として分離する。

P09

Iceberg Quantum|Pinnacle 1.2によるRSA-2048解読に必要なリソース削減量

A08 | システム利用 | 共同評価

日付未収録

FACT

Iceberg Quantumが、耐故障量子コンピューティング・アーキテクチャ「Pinnacle 1.2」をリリースし、RSA-2048の整数分解に必要なリソースの大幅な削減を実証しました。新開発のQLDPCデコーダー「Crevasse」により、論理エラー率を 10^{-12} 未満に抑え、物理量子ビット数を72,000個まで削減できる見込みです。これにより、統計的な推測ではなく直接的な回路レベルのシミュレーションによる検証が可能となりました。

なぜ重要か

判断上の焦点は「検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性」である。見出しだけで採用せず、用途と運用条件で再現できるかを確認する。

事業への読み

事業会社は現在の認定・調達・製品ロードマップへの影響を比較する。材料・装置・技術企業は、部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する。

ACTION

30日以内に、価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する。結果と担当者をP09の評価票へ記録する。

UNKNOWN

記事だけでは確定しない項目: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。

編集スコア 18/25 | 成熟度 3/5 | 判断場所: 技術・工程

P10

量子ネットワーク|オックスフォード大学、異種原子を用いた10秒超のメモリ保存を実現

A05 | 用途 | 研究

日付未収録

FACT

オックスフォード大学の研究チームが、ストロンチウムとカルシウムの2種類の原子を用いたヘテロジニアス(異種)量子ネットワークを構築し、マルチパーティ量子もつれ状態の生成に成功しました。このもつれ状態をカルシウムのメモリ量子ビットに保存したところ、10秒を超える保存時間を達成し、生成時間に対して100倍以上の寿命延長を実現しています。この成果は、分散型量子コンピューティングや量子センシングネットワークにおける大きな障壁を解消するものです。

なぜ重要か

判断上の焦点は「検証可能な計算優位、誤り制御、利用可能性」である。見出しだけで採用せず、用途と運用条件で再現できるかを確認する。

事業への読み

事業会社は現在の認定・調達・製品ロードマップへの影響を比較する。材料・装置・技術企業は、部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する。

ACTION

30日以内に、価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する。結果と担当者をP10の評価票へ記録する。

UNKNOWN

記事だけでは確定しない項目: 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。

編集スコア 18/25 | 成熟度 1/5 | 判断場所: 技術・工程

関係者別プレイブックと0-5年ロードマップ

関係者	NOW 0-30日	NEXT 1-12か月	LATER 1-5年
事業会社	価値ある業務を古典方式と総実行・検証コストで比較する	量産相当条件で受入基準と停止基準を明示して評価する。	技術・供給者の変更を吸収できるポートフォリオと設計へ移る。
材料・装置・技術企業	部品と制御系を忠実度、稼働率、校正、拡張証拠へ接続する	顧客と信頼性・工程窓・故障解析の共通データを作る。	界面、履歴、ライフサイクル支援、回収サービスを標準化する。
商社・投資・法務	Map 誤り率、論理量子ビット、業務優位、稼働率、費用、時期。	能力、品質、変更通知、責任、代替、撤退を契約へ入れる。	地域・技術・顧客の集中リスクを分散する。

ロードマップ

NOW 0-30日 証拠台帳 担当: Strategy + quality 成果物: claim, source, condition, owner	NOW 0-30日 リスク選別 担当: Procurement + legal 成果物: unknowns, alternatives, stop	NEXT 1-12か月 共同認定 担当: R&D + supplier 成果物: 工程窓・故障データ
NEXT 1-12か月 商用ゲート 担当: Business + finance 成果物: 単位採算・供給能力	LATER 1-5年 プラットフォーム戦略 担当: 経営 成果物: ポートフォリオ・界面ロードマップ	LATER 1-5年 サービス層 担当: Operations + channel 成果物: 監視・保守・回復

Go / No-Goゲート

ゲート	担当	必要な証拠	中止条件
G1 証拠	品質	出典・試験条件・再現性	追跡可能な証拠なし
G2 統合	研究開発	界面・工程窓・故障解析	システム条件を満たさない
G3 商用	事業	能力・総原価・契約・代替	採算または供給が成立しない
G4 運用	運用	監視・保守・変更通知・撤退	責任ある運用計画なし

分析対象記事 | 01-09件目

全記事の正式タイトルと元記事URLを省略せず表示する。URLは折返しても全文を保持し、クリックできる。

ID	記事タイトル(全文)	元記事URL(全文・クリック可能)
A01	Quantinuum 量子エラー訂正の論理フィデリティ99.9995%達成と2029年の目標	https://quantumzeitgeist.com/quantinuum-cuts-quantum-errors-10x/
A02	Google Quantum AI 量子計算のボトルネックを解消する「魔法状態培養」の性能	https://blog.google/innovation-and-ai/models-and-research/quantum-computing/magic-state-cultivation-quantum-computing/
A03	NVIDIA 耐故障量子計算のシミュレーション性能とマジック状態生成の効率化	https://thequantuminsider.com/2026/10/19/nvidia-runs-simulation-of-fault-tolerant-quantum-computing-at-julich-supercomputing-centre/
A04	IBM Heron 100量子ビットでのリアルタイム制御、耐故障性実現への課題と性能	https://thequantuminsider.com/2026/10/21/rutgers-and-ibm-demonstrate-real-time-control-across-100-qubits/
A05	量子ネットワーク オックスフォード大学、異種原子を用いた10秒超のメモリ保存を実現	https://quantumcomputingreport.com/university-of-oxford-entangles-multi-species-atom-network-and-extends-memory-storage-beyond-10-seconds/
A06	D-Wave 728量子ビットを用いた3D高次トポロジカル絶縁体のシミュレーション性能	https://quantumcomputingreport.com/d-wave-demonstrates-3d-analog-digital-quantum-simulation-of-higher-order-topological-insulators-using-728-qubits/
A07	相関デコード 表面コードの距離損失を解消する新手法、Riverlaneらが開発	https://quantumcomputingreport.com/leiden-university-and-riverlane-research-reveals-distance-losing-flaw-in-correlated-decoding-below-threshold/
A08	Iceberg Quantum Pinnacle 1.2によるRSA-2048解読に必要なリソース削減量	https://quantumcomputingreport.com/iceberg-quantum-validates-pinnacle-1-2-architecture-with-crevasse-qldpc-decoder-to-reduce-rsa-2048-factoring-resources/
A09	TRIOパルスとは 超伝導量子プロセッサの制御誤差を抑制する新手法と性能	https://quantumcomputingreport.com/chalmers-university-demonstrates-trio-pulses-for-control-error-robust-single-qubit-gates-in-superconducting-processors/

分析対象記事 | 10-17件目

全記事の正式タイトルと元記事URLを省略せず表示する。URLは折返しても全文を保持し、クリックできる。

ID	記事タイトル(全文)	元記事URL(全文・クリック可能)
A10	IQMとNVIDIA 20量子ビットチップの校正自動化と新ベンチマーク QCalEvalの性能	https://quantumcomputingreport.com/iqm-and-nvidia-automate-20-qubit-chip-calibration-via-nvidia-ising-vision-language-models-and-qcaleval-benchmark/
A11	NVIDIAとRiverlane 量子誤り訂正のリアルタイム化とGPUによる校正性能	https://quantumcomputingreport.com/nvidia-takes-strategic-stake-in-riverlane-to-accelerate-real-time-quantum-error-correction-and-gpu-decoder-calibration/
A12	Quantinuum Heliosプロセッサの論理メモリ忠実度99.9995%達成と性能	https://quantumcomputingreport.com/quantinuum-demonstrates-99-9995-logical-memory-fidelity-on-helios-trapped-ion-processor/
A13	モジュール型双曲面コード Googleらが実現したQECオーバーヘッド30倍以上の削減	https://quantumcomputingreport.com/google-quantum-ai-deepmind-demonstrate-modular-hyperbolic-codes-for-over-30x-qec-overhead-reduction/
A14	IBM Research QECデコーダチップ設計のAI自動化、推論コスト削減と高速化の性能	https://quantumcomputingreport.com/ibm-research-automates-qec-decoder-chip-design-using-open-ai-agent-factories-at-11-5x-lower-inference-cost/
A15	シリコンスピン量子ビット RIKENらが実現した同時制御の精度と99.9%の閾値突破	https://quantumcomputingreport.com/riken-demonstrates-high-fidelity-simultaneous-control-of-silicon-spin-qubits-above-99-9-threshold/
A16	Quantinuumの量子計算 「megaquops」時代へ向けたエラー訂正性能と課題	https://sciencenews.org/article/quantum-computer-megaquops-error-correction
A17	Kipu Quantum 中性原子量子プロセッサによる分子毒性分類の性能向上と手法	https://quantumcomputingreport.com/kipu-quantum-demonstrates-neutral-atom-quantum-feature-extraction-for-molecular-toxicity-classification-on-quera-hardware/

量子コンピュータ 採用記事全文集

出力日: 2026-10-24

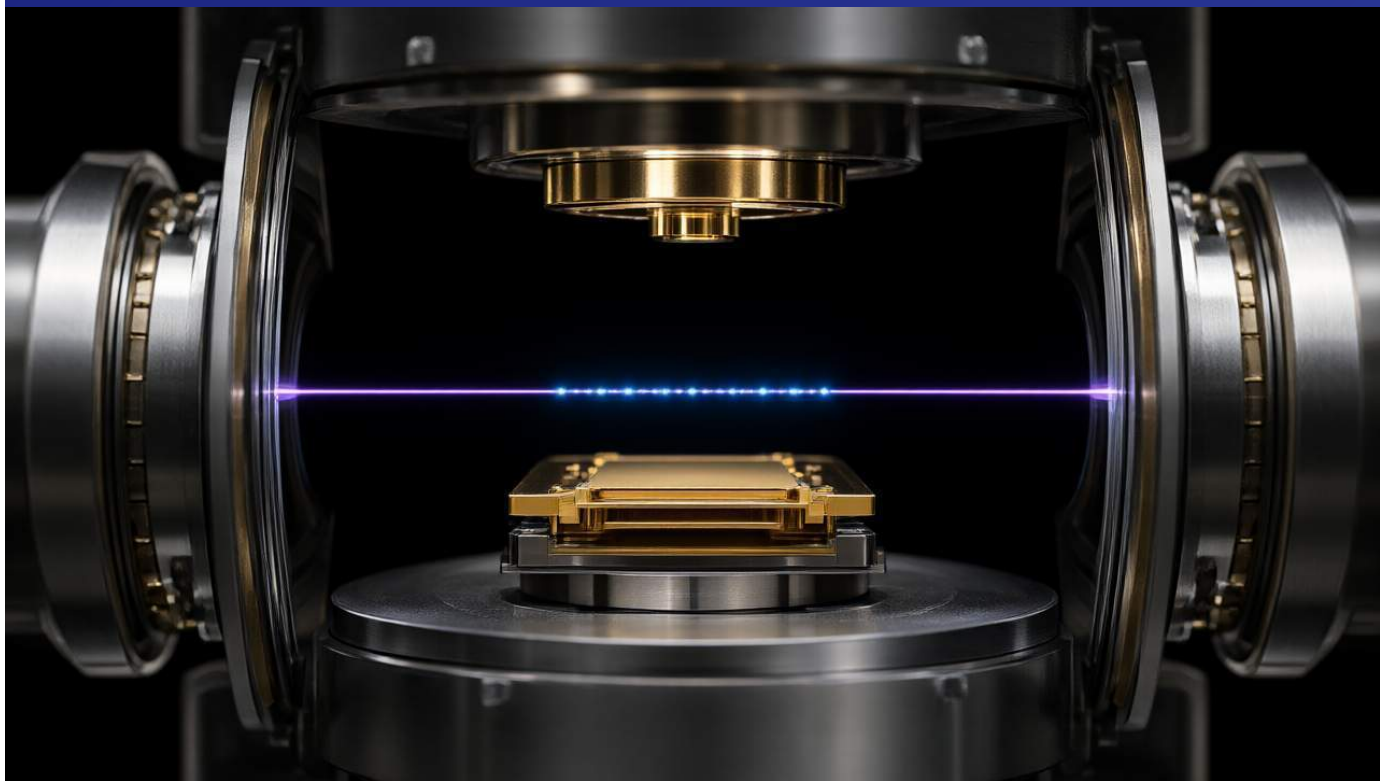
採用記事数: 17 件

収録記事一覧

- #01 Quantinuum | 量子エラー訂正の論理フィデリティ99.9995%達成と2029年の目標
- #02 Google Quantum AI | 量子計算のボトルネックを解消する「魔法状態培養」の性能
- #03 NVIDIA | 耐故障量子計算のシミュレーション性能とマジック状態生成の効率化
- #04 IBM Heron | 100量子ビットでのリアルタイム制御、耐故障性実現への課題と性能
- #05 量子ネットワーク | オックスフォード大学、異種原子を用いた10秒超のメモリ保存を実現
- #06 D-Wave | 728量子ビットを用いた3D高次トポロジカル絶縁体のシミュレーション性能
- #07 相関デコード | 表面コードの距離損失を解消する新手法、Riverlaneらが開発
- #08 Iceberg Quantum | Pinnacle 1.2によるRSA-2048解読に必要なリソース削減量
- #09 TRIOパルスとは | 超伝導量子プロセッサの制御誤差を抑制する新手法と性能
- #10 IQMとNVIDIA | 20量子ビットチップの校正自動化と新ベンチマークQCalEvalの性能
- #11 NVIDIAとRiverlane | 量子誤り訂正のリアルタイム化とGPUによる校正性能
- #12 Quantinuum | Heliosプロセッサの論理メモリ忠実度99.9995%達成と性能
- #13 モジュール型双曲面コード | Googleらが実現したQECオーバーヘッド30倍以上の削減
- #14 IBM Research | QECデコーダチップ設計のAI自動化、推論コスト削減と高速化の性能
- #15 シリコンスピン量子ビット | RIKENらが実現した同時制御の精度と99.9%の閾値突破
- #16 Quantinuumの量子計算 | 「megaquops」時代へ向けたエラー訂正性能と課題
- #17 Kipu Quantum | 中性原子量子プロセッサによる分子毒性分類の性能向上と手法

#01 Quantinuum | 量子エラー訂正の論理フィデリティ 99.9995%達成と2029年の目標

公開日 2026年10月19日 Quantum Zeitgeist アメリカ



概要

Quantinuumが量子コンピュータ「Helios」において、論理フィデリティ99.9995%という世界新記録を達成した。これは100万回の量子操作につきわずか5回のエラーという精度であり、Google Quantum AIの超伝導システムによる最高結果を100倍下回るエラー率となる。この成果は、同社が掲げる2029年までの汎用フォールトトレラント（耐故障性）量子コンピュータ実現に向けた重要な進展である。

主要成果

Quantinuumは、同社の量子コンピュータ「Helios」を用いて、論理フィデリティ99.9995%を達成したことを報告した。これは、100万回の量子操作に対してエラーがわずか5回という極めて高い精度であり、世界新記録となる。同社によれば、この結果は2026年9月に自社が記録した数値を更新しただけでなく、Google Quantum AIが超伝導システムで発表した最高の結果と比較して、エラー率を100倍低減させたことになる。

技術・詳細

今回の高精度な量子計算の実現は、Quantinuumのエンドツーエンド・フレームワーク内で実装された「カラーコード (color code)」によるものである。このフレームワークは、専用のAIデコーダー、全量子ビット間接続 (all-to-all connectivity)、およびハードウェアレベルのエラー訂正を統合した構成となっている。この統合アプローチにより、異なるエラー訂正コードのテストと改良が可能になり、精度と効率の両面で最適化が図られた。

特筆すべきは、コード距離 (code distance) を増やすことで、論理エラーが指数関数的に減少した点である。テストの結果、コード距離を一段階上げることにより、残存する論理エラーが12分の1に減少した。また、リソース消費とエラー率のトレードオフについても検証されており、以前に用いられた「Helix」コードが1論理量子ビットあたり10物理量子ビットを必要としたのに対し、今回のカラーコードでは最大37物理量子ビットが使用された。

さらに、計算中にエラーチェック測定を動的に調整する「適応型シンδροーム抽出 (adaptive syndrome extraction)」や、異なる計算タスクに適したコードを接続する「チェーンマッピング (chain-mapping)」などの技術を導入し、リソース要件の最小化とエラー低減を同時に追求している。

背景・業界の文脈

量子計算における最大のリスクの一つはエラーの制御であり、実用的な計算にはフォールトトレラント（耐故障性）の実現が不可欠である。Quantinuumが採用するトラップイオン技術は、今回の結果が示す通り、急速に精度を向上させている。特に、同一の商用ハードウェア上で異なるコード（Helixからカラーコードへ）を短期間に切り替えてエラー率を10倍に低減させたことは、同社のエラー訂正アーキテクチャが極めて柔軟であることを証明している。

今後の展望

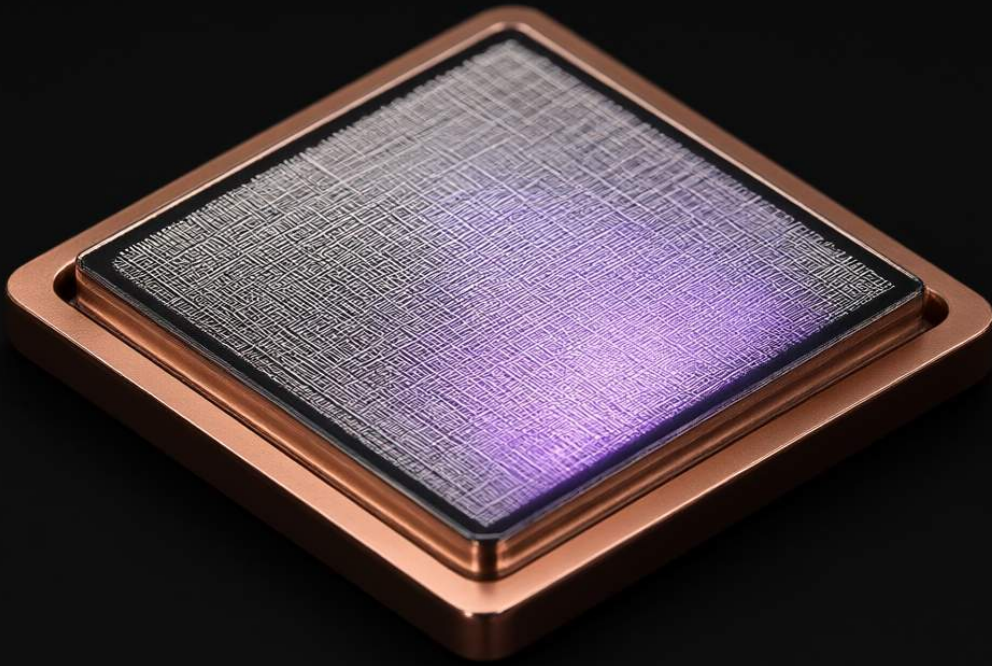
Quantinuumは、今回のスケーリング挙動に基づき、他の量子計算方式で予測されているよりも少ない量子ビット数でフォールトトレランスを達成できると考えている。量子ビット数の確保は業界全体の大きな障壁となっており、効率的なエラー抑制は実用化への近道となる。今後は、ハードウェア、エラー訂正アーキテクチャ、およびフルスタック・ソフトウェアプラットフォームを統合した凝集システムを構築し、2029年までに汎用フォールトトレラント量子コンピュータを実現することを目指す。

元記事: <https://quantumzeitgeist.com/quantinuum-cuts-quantum-errors-10x/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#02 Google Quantum AI | 量子計算のボトルネックを解消する「魔法状態培養」の性能

公開日 2026年10月15日 Google (The Keyword / blog.google) アメリカ



概要

Google Quantum AIは、量子コンピューティングの主要なボトルネックとされる「魔法状態 (magic state)」の生成効率を劇的に向上させる「魔法状態培養 (magic state cultivation)」の実証に成功した。同社のWillowプロセッサを用いた検証では、従来比でエラーを約40倍削減し、T状態において記録的な論理フィデリティ99.99%を達成した。この成果は、実用的な量子計算に必要なリソース消費量を大幅に抑え、大規模な量子コンピュータの実現に向けた重要な一歩となる。

主要成果

Google Quantum AIは、量子コンピューティングの実用化における最大の障壁の一つであるリソース消費の問題を解決する「魔法状態培養（magic state cultivation）」を、自社のWillowプロセッサ上で実証した。この手法を導入することで、魔法状態の生成に伴うエラーを、導入前と比較して約40倍削減することに成功した。また、T状態において論理フィデリティ99.99%という記録的な数値を達成しており、これらの成果は学術誌『Science』に掲載された。

技術・詳細

「魔法状態」とは、古典的な計算を超えた汎用的な量子計算を実行し、エラー訂正を行うために不可欠な特殊な量子状態である。しかし、高品質な魔法状態の生成には膨大なリソースが必要であり、量子コンピュータ全体の容量の最大95%がこの生成だけに費やされるという試算もあった。また、一度使用すると再利用できないため、極めて希少なリソースとなる点が課題であった。

今回実証された「魔法状態培養」は、一種のフィルターのよう機能する。具体的には、量子チップ上の狭い領域にノイズを含む状態を注入し、高度に調整された一連の測定を行うことで、エラーを検出し、不完全な試行を排除する。これにより、極めて純度が高く低エラーな量子状態を「培養」し、同時にそれをより大きな有用なエンコーディングへと適応させることが可能になる。

実装過程では、電気設備によるドリフトや温度変化に起因するノイズがベンチマークの妥当性を妨げるという技術的困難があったが、制御システムの強化と、培養手法自体を測定ツールとして利用する新しいベンチマーク手法の開発によって解決に至った。

背景・業界の文脈

汎用量子コンピューティングの実現には、特定の量子操作をエラー訂正しながら実行できる必要がある。2004年頃から研究者は、この魔法状態の生成コストが実用化へのボトルネックになると予見していた。理論上は、この培養手法が機能すれば、実用的なタスクを実行するために必要な量子コンピュータの物理的なサイズを大幅に縮小できるため、業界にとって極めて重要な課題であった。

今後の展望

Google Quantum AIは、今回の成果に加え、異なる量子エラー訂正手法である「カラーコード (color codes)」と「表面コード (surface codes)」の間で状態を移行させる「グラフト (grafting)」プロトコルの実証も行った。具体的には、距離3のカラーコードから距離5の表面コードへの移行に成功し、精製された状態がハードウェア内でスムーズに転送・生存することを確認した。今後は、実用的な量子計算に適用できるよう、より大規模なスケールでの魔法状態培養の実証に取り組むとしている。

元記事: <https://blog.google/innovation-and-ai/models-and-research/quantum-computing/magic-state-cultivation-quantum-computing/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#03 NVIDIA | 耐故障量子計算のシミュレーション性能とマジック状態生成の効率化

公開日 2026年10月19日 The Quantum Insider アメリカ



概要

NVIDIAが欧州のスーパーコンピュータ「JUPITER」を用い、104量子ビットの耐故障量子プロセッサのシミュレーションに成功しました。この手法により、耐故障量子計算に不可欠な「マジック状態」の生成に必要な量子ビット数を、従来比で90%削減できる可能性が示されました。ハードウェア構築前に現実的なノイズ環境下での動作を検証できるため、量子アプリケーションの実用化への期間短縮が期待されます。

主要成果

NVIDIAは、欧州初のエクサスケール・スーパーコンピュータ「JUPITER」において、104量子ビットの耐故障量子プロセッサのシミュレーションを実施したことを発表しました。これは耐故障量子プロセッサの包括的なシミュレーションとしては最大規模であり、現実的なハードウェアノイズが存在する環境下で、耐故障計算がどのように機能するかをモデル化したものです。特に、耐故障量子計算の鍵となる「マジック状態」の生成（cultivation）において、従来の手法と比較して必要な量子ビット数を90%削減できるアプローチを検証しました。

技術・詳細

今回のシミュレーションでは、JülichスーパーコンピューティングセンターにあるNVIDIA GH200スーパーチップを搭載したシステムを使用し、計8,192基のGPUを投入しました。ソフトウェア面では、高度に最適化されたパフォーマンスを実現する「NVIDIA cuQuantum」および、マジック状態回路を表現するための「NVIDIA CUDA-Q」プラットフォームの耐故障論理レイヤーが活用されています。

開発プロセスにおいては、NVIDIA加速量子研究センター（NVAQC）のGB200 NVL72システムが開発プラットフォームとして機能しました。研究者はまず4基のGPUから数百基へと段階的にテストをスケールアップさせ、最終的にJUPITERの8,192基のGPUによる大規模シミュレーションへと移行しました。この段階的なアプローチにより、従来は数週間を要していたシミュレーション期間を数日間にまで短縮することに成功しています。

背景・業界の文脈

量子ビットは物理的な限界で動作しているため、制御時に不可避なエラー（ノイズ）が発生します。このノイズが存在する状態で計算を行う「耐故障量子計算」を実現するには、計算過程で継続的に消費される特定の量子ビット配置である「マジック状態」を繰り返し生成する必要があります。マジック状態の生成効率を最適化することは、実用的な量子コンピュータを構築する際の困難さを劇的に軽減することに直結します。以前、Jülichでは理想的なノイズレス条件下で50量子ビットのシミュレーションが行われていましたが、今回は「現実的なハードウェアノイズ」を導入した点で大きな進展となりました。

今後の展望

ハードウェアを実際に構築する前に、高精度なシミュレーションを通じて設計の妥当性を検証できるため、試行錯誤によるコストと時間を削減することが可能です。これにより、創薬、金融モデリング、材料科学といった分野における実用的な量子アプリケーションの発見が加速すると期待されています。量子システムが大規模化するにつれ、シミュレーションの重要性と複雑性は増すため、加速コンピューティングクラスターとスーパーコンピュータを組み合わせた検証フローが不可欠になると見られています。

元記事: <https://thequantuminsider.com/2026/10/19/nvidia-runs-simulation-of-fault-tolerant-quantum-computing-at-julich-supercomputing-centre/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#04 IBM Heron | 100量子ビットでのリアルタイム制御、耐故障性実現への課題と性能

公開日 2026年10月21日 The Quantum Insider アメリカ



概要

ラトガース大学とIBMなどの研究チームが、最大100量子ビットにわたるリアルタイムの量子フィードバック制御を実証しました。156量子ビットのIBM Heronプロセッサを用い、動作中のシステムに対して約5,000回の2量子ビット操作と、約5,000回の測定およびリセットを繰り返し実行しています。この成果は、計算中のエラーを特定し修正する「耐故障性量子コンピュータ」の構築に不可欠な能力を証明するものです。

主要成果

ラトガス大学、IBM、および共同研究機関のチームは、量子コンピュータが動作中に内部状態を確認し、それに応じて応答することで、カオス的な挙動を制御下に置くことができることを実証しました。具体的には、最大100量子ビットにわたるリアルタイムの量子フィードバック制御に成功しており、これはこれまでで最大規模の実証例の一つとなります。

技術・詳細

本実験では、世界で最も強力な量子プロセッサの一つである156量子ビットの「IBM Quantum Heron」を使用し、接続された最大100量子ビットのチェーンを選択して検証を行いました。研究チームは、システム内で相反する2つのタスクを交互に実行させるプログラムを組みました。

- **スクランブラー（攪乱）**：隣接する量子ビット間で情報を混合させ、システム全体にカオスを広げる操作。トランプのカードを繰り返しシャッフルする動作に似ており、元の順序を認識困難にします。
- **コントロール（制御）**：個々の量子ビットをチェックし、必要に応じてリセットする操作。このリセットを十分な頻度で行うことで、システムを研究者が意図した単純で秩序ある状態へと導きます。

実験全体を通じて、2つの量子ビットを連携させる操作を約5,000回、およびチェックとリセットを約5,000回実施しました。研究チームは、これら2つのタスクの頻度バランスを変化させることで、システムがカオス状態から制御状態へと急激に移行する「相転移」現象を確認し、理論的な予測を裏付けました。

背景・業界の文脈

量子コンピュータは、0と1の重ね合わせ状態を持つ「量子ビット（qubit）」を利用することで、従来のコンピュータでは不可能な計算を可能にします。しかし、量子情報は極めて繊細であり、熱や電磁信号、ハードウェアの微細な欠陥によって状態が変化し、エラーが蓄積します。また、量子情報は単純にコピーできず、測定すること自体が状態を破壊する可能性があるため、情報を失わずにエラーを検出・修正する高度な制御が求められます。

今後の展望

将来的に、より大規模で信頼性の高い量子コンピュータを実現するには、計算中にエラーを特定して修正し続ける「量子誤り訂正」能力を備えた「耐故障性量子コンピュータ」の構築が必須です。ラトガース大学のJedediah Pixley教授は、耐故障性を実現するにはチェックと修正を計算中に膨大な回数行う必要があり、今回の実験はその道における重要なマイルストーンであると述べています。IBMのMaika Takita氏は、現在のハードウェアで大規模システム全体にわたって量子操作、測定、リセットを数千回調整できることが示されたと強調しています。

元記事: <https://thequantuminsider.com/2026/10/21/rutgers-and-ibm-demonstrate-real-time-control-across-100-qubits/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#05 量子ネットワーク | オックスフォード大学、異種原子を用いた10秒超のメモリ保存を実現

公開日 2026年10月16日 Quantum Computing Report イギリス



概要

オックスフォード大学の研究チームが、ストロンチウムとカルシウムの2種類の原子を用いたヘテロジニアス（異種）量子ネットワークを構築し、マルチパーティ量子もつれ状態の生成に成功しました。このもつれ状態をカルシウムのメモリ量子ビットに保存したところ、10秒を超える保存時間を達成し、生成時間に対して100倍以上の寿命延長を実現しています。この成果は、分散型量子コンピューティングや量子センシングネットワークにおける大きな障壁を解消するものです。

主要成果

オックスフォード大学の物理学者チームは、異なる2つの原子元素であるストロンチウム（ 88 Sr^+ ）とカルシウム（ 43 Ca^+ ）を用いたトラップイオン・モジュール間で、マルチパーティ量子もつれ状態を生成するヘテロジニアス量子ネットワークを実証しました。本研究では、マクロな距離を隔てた最大4量子ビットのGHZ（Greenberger-Horne-Zeilinger）状態を生成し、その分散されたもつれ状態をカルシウムのメモリ量子ビットに10秒以上（ $\tau = 14 \pm 4 \text{ s}$ ）保存することに成功しました。これは、もつれ状態の平均生成時間（約100 ms）の2桁上回る数値であり、もつれの寿命を生成時間より100倍以上延長させたことになります。

技術・詳細

従来のトラップイオン量子ネットワークでは、光学的結合と量子ストレージの両方に単一の原子種を使用するため、トレードオフが生じていました。具体的には、ネットワーク構築に必要なレーザーパルスや光子放出が、近接するメモリ量子ビットにデコヒーレンスや共鳴光散乱を引き起こすという課題がありました。

オックスフォード大学のチームは、各ノードのマイクロファブリケーション表面電極ポールトラップに、光ネットワークインターフェースとなるストロンチウムイオン（ 88 Sr^+ ）1個と、超微細構造基底状態メモリ量子ビットとなるカルシウムイオン（ 43 Ca^+ ）1個を共トラップさせることでこの問題を解決しました。具体的なプロセスは以下の通りです。

- ストロンチウムイオンから自発的に放出される422 nmの光子が、中央のヘラルディングステーションで干渉し、遠隔地間の物質間もつれを生成する。
- その後、局所的な402 nmのラマンレーザーパルスを用いて、幾何学的位相ゲートおよびエラー検出付きiSWAP操作を行い、もつれ状態をカルシウムメモリ量子ビットへ転送する。

背景・業界の文脈

量子状態の保存期間を延ばすためには、外部ノイズへの耐性が不可欠です。本研究で採用されたカルシウム（ 43 Ca^+ ）の基底超微細構造は、0.5 mTにおいて一次の磁場不感性を備えています。この磁場感度はストロンチウムよりも約2桁低いため、外部からの干渉を受けにくく、長時間の量子状態保持が可能となりました。

今後の展望

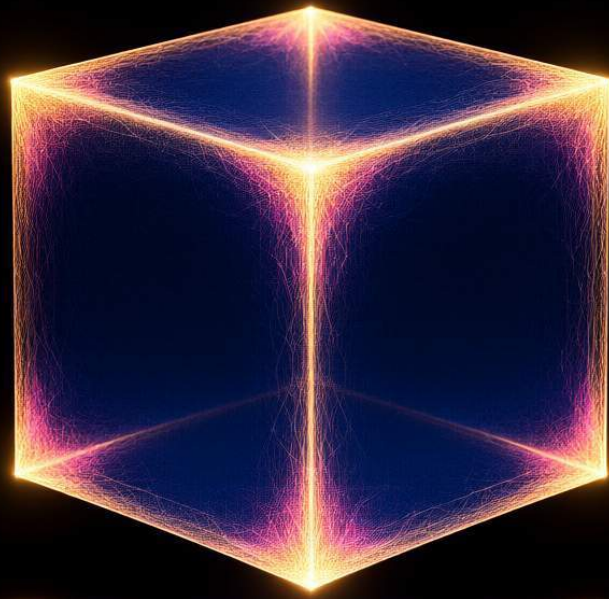
もつれ状態の生成時間に対して保存時間を大幅に延長できたことは、分散型量子コンピューティングや量子センシングネットワークを実現する上での主要なハードルを乗り越えたことを意味します。これにより、複数の量子ノードを効率的に連携させ、より大規模で安定した量子ネットワークの構築に向けた道が開かれました。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/university-of-oxford-entangles-multi-species-atom-network-and-extends-memory-storage-beyond-10-seconds/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#06 D-Wave | 728量子ビットを用いた3D高次トポロジカル絶縁体のシミュレーション性能

公開日 2026年10月17日 Quantum Computing Report アメリカ



概要

D-Wave Quantumの研究チームが、Advantage2プロセッサを用いて1D、2D、および3Dの高次トポロジカル絶縁体（HOTI）の実現と特性評価に成功しました。最大728量子ビットを使用し、新しいアナログ・デジタル量子制御プロトコルを導入することで、3Dバルクのトポロジカル不変量の抽出に世界で初めて成功しています。これにより、量子アニーリングハードウェアが多次元凝縮系物理学や非相互作用トポロジカル材料のプログラム可能なシミュレーターとして機能することが証明されました。

主要成果

D-Wave QuantumのPratik Sathe氏、Andrew D. King氏らの研究チームは、超伝導量子アニーリングプロセッサ「Advantage2」を用い、最大728量子ビットで1次元（1D）、2次元（2D）、および3次元（3D）の高次トポロジカル絶縁体（HOTI）を実装し、その特性を明らかにしました。特に、バンドプロジェクター・トモグラフィーを通じて3Dバルクのトポロジカル不変量を抽出したことは、3D量子シミュレーターにおける世界初の実験的成果となります。

技術・詳細

本研究では、従来の量子アニーリングで一般的だった低速なグローバルクエンチや静的な基底状態サンプリングではなく、パルスレベルの状態初期化、コヒーレントな静的ハミルトニアン発展、および高周波時系列測定を組み合わせた「アナログ・デジタル量子制御プロトコル」が採用されました。具体的な技術詳細は以下の通りです。

- **量子ビットのダイマライゼーション：** 物理量子ビットを強く結合したダイマー ($J_d = 2.5 \text{ GHz}$, $\Delta = 3.0 \text{ GHz}$) としてペアリングし、実効的な2準位系として機能させることで、Benalcazar-Bernevig-Hughes (BBH) タイトバインディングモデルを実現しました。
- **複素波関数トモグラフィー：** $\sigma_{rx}(t)$ の測定を $1/(4\Delta) = 125 \text{ ps}$ 分だけ時間シフトさせることで、時間分解能 $\delta t = 62.5 \text{ ps}$ で複素数値伝搬関数 $\Psi_r(t) = \sigma_{rx}(t) + i\sigma_{ry}(t)$ を再構成しました。
- **3Dバルクトポロジの抽出：** 実験的に再構成された占有バンドプロジェクター $\{P_\nu(k)\}$ から3つの連続した入れ子状のウィルソンループを計算し、量子化された3D電気八極子モーメント（1/2不変量）を測定し、バルク・境界対応を検証しました。
- **分数電荷欠損の検出：** 実空間の戻り振幅を局所状態密度（LDOS）積分に投入した結果、0次元のコーナーモードに局在する分数電荷欠損（ $\approx 1/2$ ）が明らかになりました。

背景・業界の文脈

トポロジカル絶縁体は、内部（バルク）は絶縁体である一方で、表面や端（境界）にのみ導電性を持つ特殊な物質です。特に「高次」トポロジカル絶縁体は、より低次元の境界（3Dであれば点などの0次元コーナー）に特異な状態が現れることが特徴です。本研究では、物理的な格子対称性を厳密に強制しなくてもバルクのトポロジカル不変量が1/2付近で量子化され続けることがブートストラップ法で証明されており、ハードウェア由来の軽微な無秩序（ディスオーダー）に対するトポロジカル保護が機能していることが示されました。

今後の展望

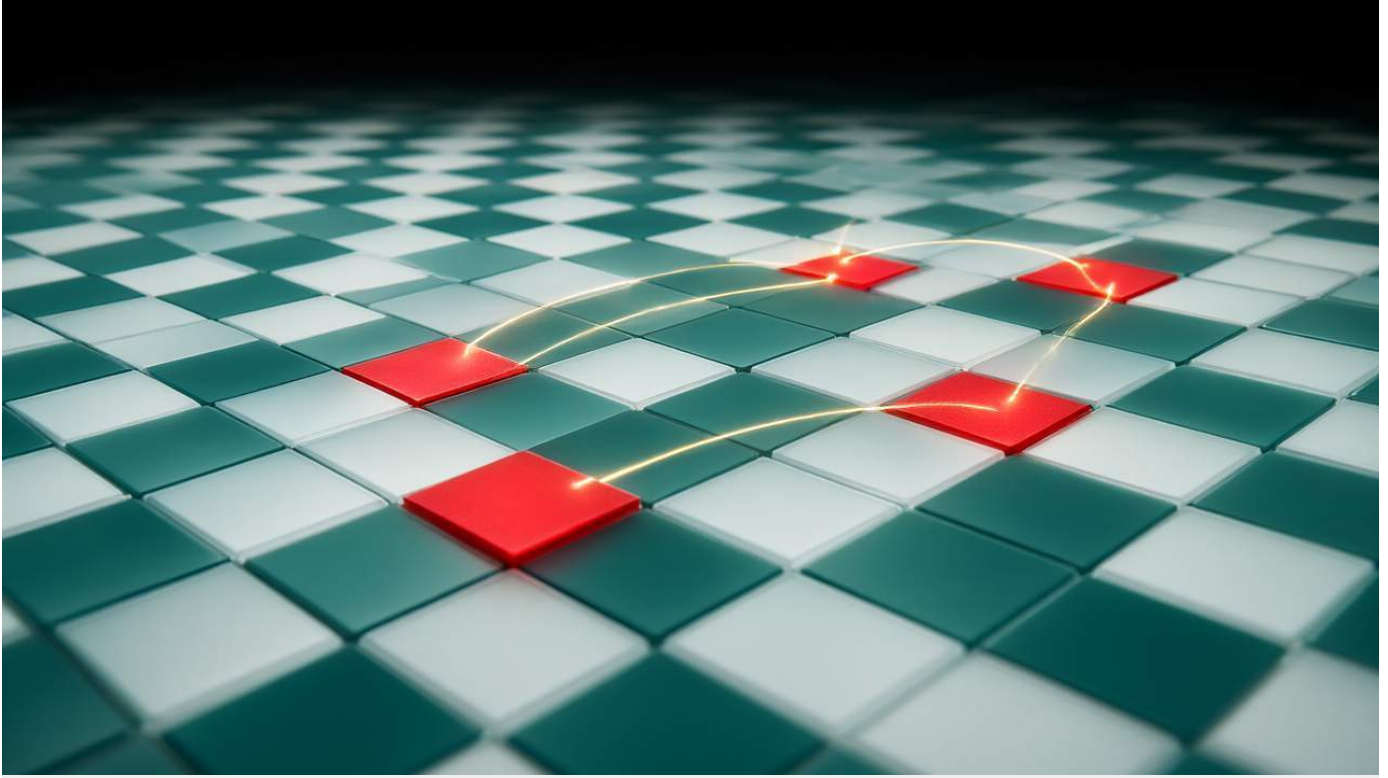
今回の実証により、アナログ・デジタル方式の量子アニーリングハードウェアが、単なる最適化問題の解決手段に留まらず、多次元の凝縮系物理学や非相互作用トポロジカル材料を研究するためのプログラム可能なシミュレーターとして活用できることが確認されました。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/d-wave-demonstrates-3d-analog-digital-quantum-simulation-of-higher-order-topological-insulators-using-728-qubits/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#07 相関デコード | 表面コードの距離損失を解消する新手法、Riverlaneらが開発

公開日 2026年10月22日 Quantum Computing Report アメリカ



概要

ライデン大学とRiverlaneの研究チームが、相関デコードで用いられる標準的な「再重み付け (re-weighting)」プロトコルに根本的な構造的欠陥があることを突き止めました。物理エラー率が閾値を大幅に下回る領域 ($p < 10^{-3}$) において、実効的なコード距離が1ユニット分失われ、論理故障率が予想以上に高まることが判明しています。この問題に対し、エラー率に依存する正則化パラメータを導入することで、距離のスケールリングを回復させ、デコード精度の利点を維持することに成功しました。

主要成果

ライデン大学（Instituut-LorentzおよびApplied Quantum Algorithms）と量子誤り訂正（QEC）技術企業のRiverlaneによる共同研究チームは、2パス相関デコーダで標準的に使用されている「再重み付け」プロトコルの欠陥を特定しました。arXivに掲載された論文「Correlated decoding loses the surface code's effective distance below threshold」によると、現実的な回路レベルのノイズ条件下では、閾値を深く下回る領域（ $p < 10^{-3}$ ）において、回転表面コードの実効的なコード距離が1ユニット分失われることが実証されました。これにより、本来の設計よりも高い論理故障率が発生することが明らかになりました。

技術・詳細

相関デコーディングは、最小重み完全マッチング（MWPM / Sparse Blossom）や Union-Find（UF / Local Clustering Decoder）などの実装で広く採用されている手法です。この手法は、まず第1パスで一方のサブグラフ（例：X型）のエラーを特定し、その結果を用いてもう一方のサブグラフ（例：Z型）のエッジ重みを軽減させる第2パスを行うという2段階のプロセスで動作します。

しかし、回路レベルのノイズが存在する場合、単一の第1パスエラーが複数の独立したハイパーエッジメカニズムに共有されることがあります。標準的な再重み付けルールでは、独立した二次故障の同時発生にペナルティを課さずに複数のパートナーエッジを同時に軽減させるため、デコーダにとって論理的に誤った長いチェーンが不自然に「安価（低コスト）」に見えてしまいます。その結果、距離 d の表面コードが容易に訂正できるはずのサイズ $-(d-1)/2$ の故障構成において、予期せぬ論理故障が誘発されます。

研究チームはこの劣化を解消するため、条件付きエッジ確率（ $p'_{\nu} = \alpha P(e_{\nu} | e_{\mu})$ ）に、エラー率に依存する滑らかな補間パラメータ $\alpha^*(p) = \alpha_0 / [1 + (p_0/p)^k]$ を適用する正則化手法を導入しました。物理エラー率が閾値付近（ $p \sim 10^{-2}$ ）にある場合は、最適な再重み付け強度は1に近い状態（ $\alpha \approx 1$ ）に維持され、従来の相関デコーディングの性能向上の利点を保持します。一方で、閾値を深く下回る領域（ $p \leq 10^{-4}$ ）では、 $\alpha^*(p)$ がより弱いクロスサブグラフ軽減へとシフトし、デコーダが過剰に軽減されたマルチエッジ訂正を選択することを防ぎます。

背景・業界の文脈

量子誤り訂正において、物理的なゲート忠実度が向上しエラー率が低下するにつれ、理論通りのエラー抑制（スケーリング）が実現できるかが極めて重要になります。今回の発見は、物理エラー率が極めて低い領域において、既存の標準的なデコード手法が逆にボトルネックとなる可能性を示唆しています。

今後の展望

提案された正則化アップデートは、デコーダの初期化段階で事前計算が可能です。そのため、リアルタイムのデコーディングパスにおいて古典的な実行時間オーバーヘッドやレイテンシを一切追加することなく実装できる点が大きな利点です。この知見は、リアルタイムデコーディングアーキテクチャや信念マッチング（belief-matching）、および量子低密度パリティ検査（qLDPC）コードの設計における重要な原則となり、量子ビットのゲート忠実度の向上に伴い、エラー抑制が予測通りにスケールすることを保証するものとなります。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/leiden-university-and-riverlane-research-reveals-distance-losing-flaw-in-correlated-decoding-below-threshold/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#08 Iceberg Quantum | Pinnacle 1.2によるRSA-2048解読に必要なリソース削減量

公開日 2026年10月22日 Quantum Computing Report アメリカ



概要

Iceberg Quantumが、耐故障量子コンピューティング・アーキテクチャ「Pinnacle 1.2」をリリースし、RSA-2048の整数分解に必要なリソースの大幅な削減を実証しました。新開発のQLDPCデコーダー「Crevasse」により、論理エラー率を 10^{-12} 未満に抑え、物理量子ビット数を72,000個まで削減できる見込みです。これにより、統計的な推測ではなく直接的な回路レベルのシミュレーションによる検証が可能となりました。

主要成果

Iceberg Quantumは、量子低密度パリティチェック (QLDPC) コードの直接的な回路レベルシミュレーションを通じて、論理量子ビットサイクルあたり 10^{-12} 未満という論理エラー率を検証しました。これは2048ビットのRSA整数分解を実行するために必要とされる閾値です。この成果により、RSA-2048を解読するためのリソース見積もりが更新され、物理エラー率 $p = 10^{-3}$ の条件下で、物理量子ビット数72,000個を用いて3.7日間で実行可能であるとしています。また、 $p = 10^{-4}$ かつコードサイクル時間が1マイクロ秒の場合には、物理量子ビット数48,000個で0.98日間にまで短縮されます。

技術・詳細

今回のブレークスルーを支えるのが、同社が新たに開発したQLDPCデコーダー「Crevasse」です。Crevasseはエラー訂正ラウンドあたり平均4マイクロ秒というデコードレイテンシを実現しており、統計的な外挿に頼ることなく、数兆回に及ぶシミュレーション済みのエラー訂正サイクルを直接実行することを可能にしました。

具体的な検証データとして、Pinnacleのメモリおよび処理ブロックにおいて1兆個のサンプルをシミュレートし、以下の結果を得ています。

- $d = 16$ ([[254,14,16]]) コード ($p = 10^{-3}$) : 論理エラーはわずか3回 (論理エラー率 2×10^{-13})
- $d = 10$ ([[126,12,10]]) コード ($p = 10^{-4}$) : 論理エラーはゼロ ($\leq 3 \times 10^{-13}$)

これらの小さなコード距離の採用により、前世代のPinnacle 1.0と比較して、空間的オーバーヘッドを約40%、時間的オーバーヘッドを約30%削減しました。また、マジック状態蒸留ブロックへの状態注入に「forced-gap post-selection」を用いることで、注入エラー率 $(1.3 \pm 0.3) \times 10^{-6}$ ($d = 10$) を達成し、出力マジック状態の失敗率を $p_{\text{out}} \approx 3.5 \times 10^{-11}$ まで抑えています。

背景・業界の文脈

量子コンピュータによるRSA暗号の解読には、膨大な数の物理量子ビットと極めて低いエラー率が求められます。従来のアーキテクチャでは、計算に必要な「時空オーバーヘッド（spacetime overhead）」が極めて大きく、実用的な時間内での解読は困難とされてきました。Iceberg Quantumは、QLDPCコードと効率的なデコーダーを組み合わせることで、この物理的なリソース要求量を現実的なレベルまで引き下げるアプローチを採っています。

今後の展望

同社は、固定8次接続の超伝導システム向けに設計された変異体「Frozen Pinnacle」への適用も検証しています。この改善されたコンパイル手法を適用した場合、リソース要件は物理量子ビット数99,000個、実行時間は5.0日間になると算出されています。直接的なシミュレーションによる検証精度が向上したことで、今後のハードウェア実装における具体的な設計指針が明確になったと言えます。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/iceberg-quantum-validates-pinnacle-1-2-architecture-with-crevasse-qldpc-decoder-to-reduce-rsa-2048-factoring-resources/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#09 TRIOパルスとは | 超伝導量子プロセッサの制御誤差を抑制する新手法と性能

公開日 2026年10月22日 Quantum Computing Report アメリカ



概要

チャルマース工科大学などの研究チームが、制御振幅の誤設定や周波数デチューニング誤差に強い量子制御フレームワーク「TRIOパルス」を開発し、実験的に検証しました。超伝導トランスモンプロセッサを用いた試験では、90ナノ秒のTRIO Xゲートで99.90%のIRBフィデリティを達成し、振幅変動20%およびデチューニングシフト4 MHzの条件下でも99.5%以上のフィデリティを維持しました。この技術は、従来のDRAGガウスパルスに比べ高フィデリティ実行が可能なパラメータ範囲を1桁拡大させ、大規模量子プロセッサにおける定期的な再校正のオーバーヘッドを削減する道を開きます。

主要成果

チャルマース工科大学のウォレンバーグ量子技術センター（WACQT）を中心とする研究チーム（ブルゴーニュ大学およびアアルト大学との共同研究）が、制御誤差に対して堅牢な単一量子ビットゲートを実現する「Time-Rescaling Robust Inverse-Optimal (TRIO)」パルスを開発しました。超伝導トランスモンプロセッサを用いた実証実験において、90 ナノ 秒 の TRIO X ゲート は 99.90% の Interleaved Randomized Benchmarking (IRB) フィデリティを記録しました。特筆すべきは、ドライブ振幅に最大20%の変動があり、かつ量子ビットのデチューニングが最大4 MHzシフトするという同時的な誤差条件下においても、99.5%以上のゲートフィデリティを維持した点です。

技術・詳細

TRIOプロトコルは、従来のRobust Inverse-Optimal (RIO) パルス設計が抱えていた課題を解決しています。従来のRIOは2準位系における逆軌道エンジニアリングに依存していたため、波形が鋭い矩形に近い形状になりやすく、帯域制限のあるマイクロ波ハードウェアでの歪みや、トランスモンの高エネルギー準位へのリーク（漏れ）を誘発していました。

TRIOでは、時間再スケーリング関数 $g(\tau)$ を導入することで、エネルギー最適化されたブロッホ球上の軌道を、滑らかなハイパーガウスエンベロープ ($\Omega \text{ TR}(\tau)$) にマッピングします。これにより、軌道の幾何学的特性を維持したまま、高周波成分を排除することに成功しました。さらに、この滑らかなTRIOパルスに1次のDRAG (Derivative Removal by Adiabatic Gate) 補正を統合することで、高準位へのリークやAC Stark シフトを抑制しています。最終的な複素エンベロープは、同相 (I) および直交 (Q) マイクロ波位相変調によって合成され、軌道全体を通じてラビ周波数とデチューニングが蓄積誤差を継続的に補償する仕組みとなっています。

背景・業界の文脈

量子プロセッサの規模が拡大するにつれ、個々の量子ビットに対する制御パラメータの精密な校正と、その維持にかかる時間的コスト（オーバーヘッド）が大きな課題となっています。本研究で導入されたTRIOパルスは、標準的なDRAGガウスパルスと比較して、高フィデリティで動作可能なパラメータ範囲を1桁分拡大させました。これにより、制御精度のばらつきに対する耐性が向上し、再校正の頻度を減らせる可能性があります。

今後の展望

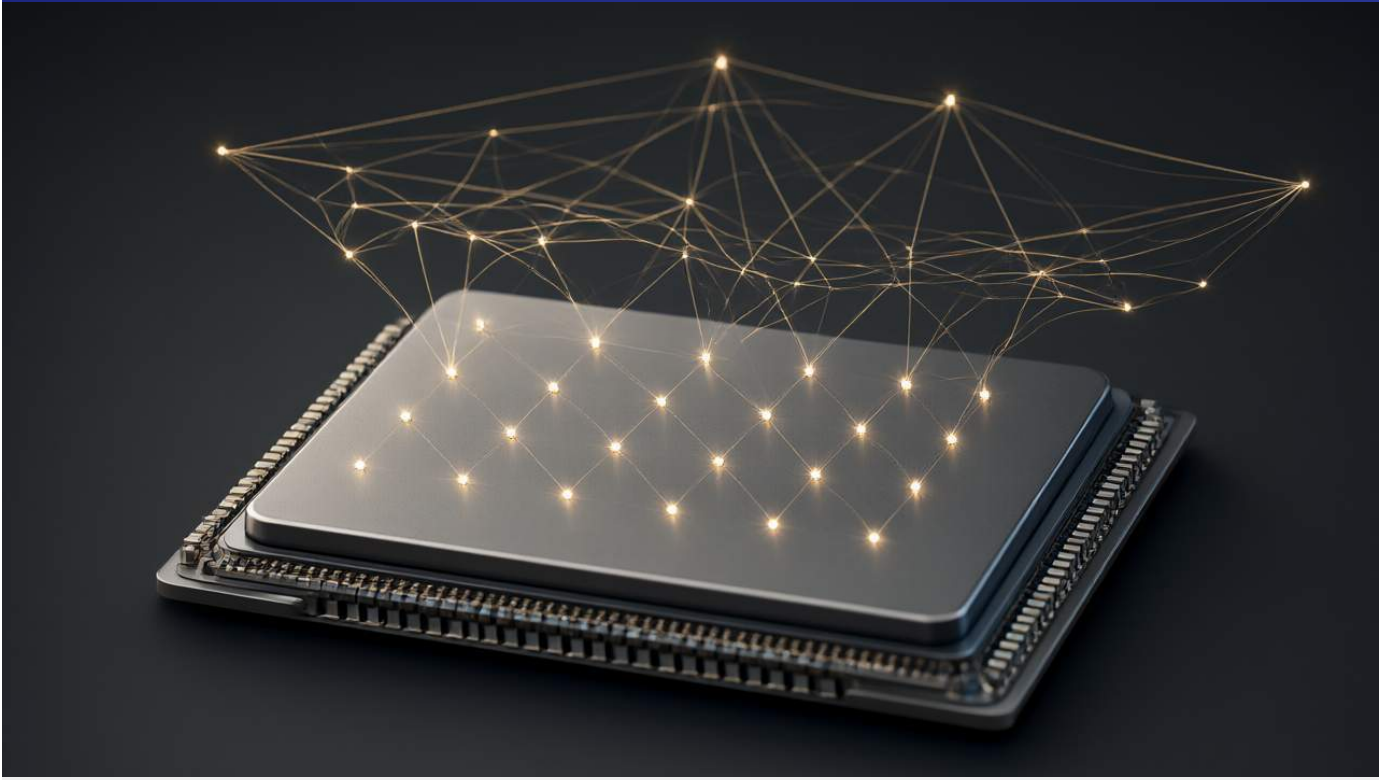
研究チームは、単一の π 回転だけでなく、 $X \pi/2$ や $Y - \pi/2$ （アダマール型操作）を含むユニバーサルな単一量子ビットゲートセットへとTRIOフレームワークを拡張しました。その結果、 $Y - \pi/2$ で99.69%、 $X \pi/2$ で99.62%の平均フィデリティを実証しています。また、数値シミュレーションでは、1 GHzのフラクソニウム量子ビットのようなより高い非調和性を備えた物理システムにTRIO制御を適用した場合、ゲートエラーを 10^{-6} 未満に抑えられることが示唆されています。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/chalmers-university-demonstrates-trio-pulses-for-control-error-robust-single-qubit-gates-in-superconducting-processors/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#10 IQMとNVIDIA | 20量子ビットチップの校正自動化 と新ベンチマークQCalEvalの性能

公開日 2026年10月22日 Quantum Computing Report アメリカ



概要

IQM Quantum ComputersとNVIDIAが、専用の視覚言語モデル（VLM）を用いて20量子ビットの超伝導量子プロセッサの校正を自動化した。このエージェント型AIスタックは、実験的なチューニングチャートを分析し、パラメータ調整とブリッキングアップ（起動）ルーチンを自律的に実行する。これにより、量子プロセッサのスケールアップにおける手動エンジニアリングのボトルネックを解消し、人間が監査可能な自動化フレームワークを構築できる。

主要成果

欧州の超伝導量子ハードウェアプロバイダーであるIQM Quantum ComputersとNVIDIAは、専用の「NVIDIA Ising Calibration」視覚言語モデル（VLM）を活用し、20量子ビットのIQM超伝導量子プロセッサにおけるエージェント型AIによる校正の実証に成功した。このシステムは、IQM独自のハードウェア制御および校正ソフトウェアに直接統合されており、量子プロセッサのセットアップ工程を自律的に完結させることが可能となった。

技術・詳細

導入されたエージェント型VLMスタックは、生の実験チューニングチャートを分析し、最適なパラメータ調整を自律的に決定して、全20個の物理量子ビットにわたるダイナミックなブリリングアップルーチンを実行する。具体的には、以下の機能を備えている。

- 範囲外にある量子ビットパラメータ設定の自動識別
- 測定パラメータ範囲の動的な調整
- 各校正決定の理由を平易な英語で説明する診断ログの生成（人間による監査を可能にするため）

また、AI駆動の量子プロセッサ・ブリリングアップを標準化するため、両社はオープンベンチマークデータセット「QCalEval」を共同開発し、公開した。QCalEvalは、実際の超伝導ハードウェアおよびシミュレートされた中性原子システムから得られた、22種類の実験タイプにわたる243個の校正チャートで構成されている。各チャートには、モデルがパラメータの異常を識別し、修正アクションを選択できるかを評価する6つの診断質問が含まれている。

背景・業界の文脈

量子プロセッサの規模が拡大し、数百量子ビットを超えるレベルに達すると、手動での校正作業はエンジニアにとって大きなボトルネックとなる。この課題に対し、NVIDIAの特化型モデルは高い性能を示した。公開されているQCalEvalのリーダーボードにおいて、専用のNVIDIA Ising Calibrationモデルは、汎用的な視覚言語モデルよりも最大で19ポイント高いスコアを記録している。

今後の展望

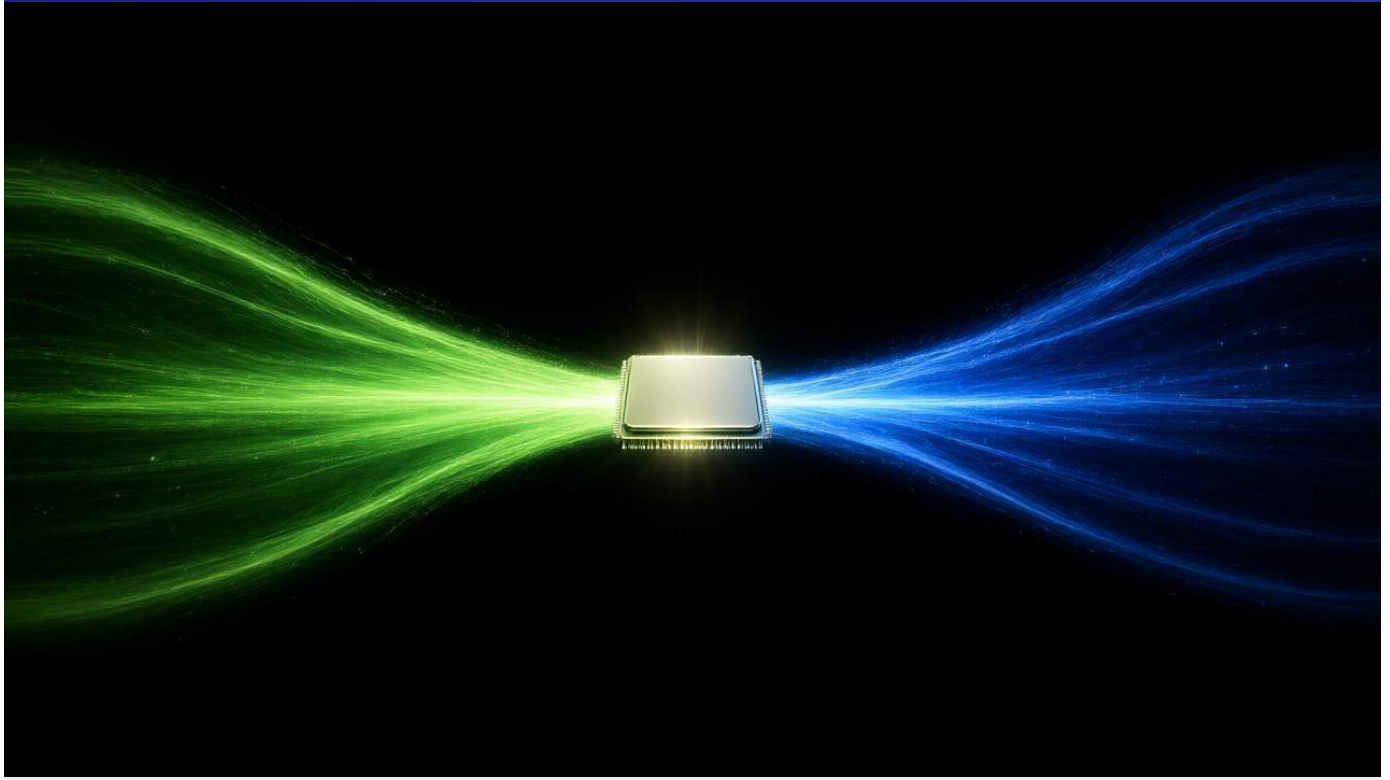
本システムはオープンウェイト・アーキテクチャを採用しており、量子研究所やハイパフォーマンスコンピューティング（HPC）センターは、NVIDIA DGX Stationなどのエッジデバイス上で圧縮されたIsingモデルをローカルに展開できる。これにより、スケーラブルかつ人間が監査可能なフレームワークを構築し、超伝導量子プロセッサの規模拡大に伴う運用負荷を大幅に軽減することが期待される。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/iqm-and-nvidia-automate-20-qubit-chip-calibration-via-nvidia-ising-vision-language-models-and-qcaleval-benchmark/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#11 NVIDIAとRiverlane | 量子誤り訂正のリアルタイム化とGPUによる校正性能

公開日 2026年10月22日 Quantum Computing Report アメリカ



概要

NVIDIAが量子誤り訂正（QEC）のスタートアップであるRiverlaneに戦略的少数出資を行いました。両社は技術連携を拡大し、NVIDIA H100 GPUを用いることで、QECデコーダーの再校正ワークフローを大幅に高速化したことを実証しています。これにより、量子ビットのドリフトやハードウェア欠陥に起因する不安定性をリアルタイムで解消し、耐故障性量子計算（FTQC）の実現に向けた基盤を構築します。

主要成果

NVIDIAは、ケンブリッジに拠点を置く量子誤り訂正（QEC）スタートアップのRiverlaneに対し、戦略的な少数出資を実施しました。この投資は、NVIDIAが英国のコンピューティング分野に投じる2億5,000万ドルのコミットメントの一環であり、同時に4社の英国AIベンチャーへの投資と共に発表されました。技術面では、NVIDIA H100 GPUを活用して、リアルタイムのQECデコーダー再校正ワークフローを劇的に高速化させることに成功しています。

技術・詳細

今回の連携では、Riverlaneが開発したLocal Clustering Decoder（LCD）を、高スループットなGPU並列処理に適応させました。その結果、単一のCPUコアでは3分かかっていた表面コード（surface code）のトレーニングサイクルが、わずか2.8秒まで短縮されました。処理能力においても、CPUでは約59,000件であった1秒あたりの表面コード・エラーシンドローム処理数が、H100 GPUでは400万件以上にまで向上しています。

この高速化により、実験前のルーチンとしてデコーダーの再校正を行うことが可能になり、動的な量子ビットのドリフトやハードウェアの欠陥を効果的に軽減できます。具体的には、GPUを用いて大量の実験シンドロームデータを並列処理することで、AI駆動の校正ループが手動調整なしにデコーダーの物理ノイズモデルをリアルタイムで更新します。

背景・業界の文脈

耐故障性量子計算（FTQC）をスケールさせる上での最大のボトルネックは、ハードウェアの不安定性です。量子ビットの周波数の変動や、2量子ビットゲートのフィデリティ（忠実度）の揺らぎ、物理的な欠陥の発生などが時間とともに起こります。標準的なQECデコーダーは事前に計算されたエラー確率の重みに依存していますが、物理量子ビットの挙動がドリフトするとこれらの重みが不正確になり、結果として論理量子ビットのフィデリティが低下するという課題がありました。

今後の展望

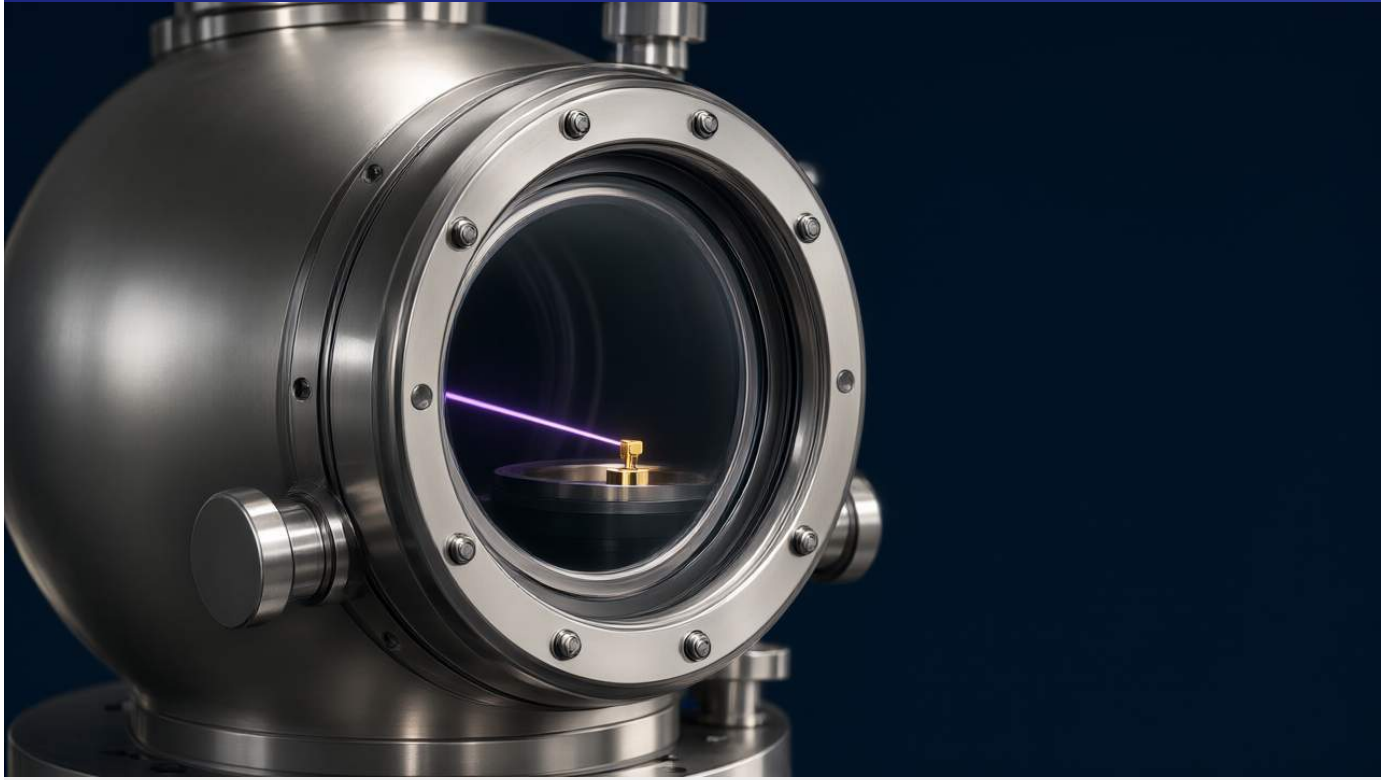
NVIDIAとRiverlaneは、QPU（量子処理装置）とGPUが密接に結合した制御ループの構築を目指しています。古典的なGPU加速によって、RiverlaneのASICやFPGAマトリクスチップなどの低遅延ハードウェアデコーダーを継続的に再校正する仕組みを確立することで、信頼性の高いマルチモーダルな実用的規模の量子システムの実現に向けた基盤を整備します。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/nvidia-takes-strategic-stake-in-riverlane-to-accelerate-real-time-quantum-error-correction-and-gpu-decoder-calibration/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#12 Quantinuum | Heliosプロセッサの論理メモリ忠実度99.9995%達成と性能

公開日 2026年10月19日 Quantum Computing Report アメリカ



概要

Quantinuumは、商用トラップイオン量子コンピュータ「Helios」において、99.9995%という極めて高い論理メモリ忠実度を実証しました。距離7のコードを用いたシンドローム抽出ラウンドあたりの論理エラー率は 5×10^{-6} を記録しています。この成果は、コード距離の増加に伴いエラーが指数関数的に抑制されることを示しており、将来的なフォールトトレラント量子計算の実現に向けた重要なマイルストーンとなります。

主要成果

Quantinuumは、商用トラップイオン量子プロセッサ「Helios」を用いて、論理メモリ忠実度99.9995%を達成したことを報告しました。これは、距離7 ($d=7$) のコードにおいて、シンδροーム抽出ラウンドあたりの論理エラー率が 5×10^{-6} に相当することを意味します。137-バリウム ($^{137}\text{Ba}^+$) を用いた QCCD (Quantum Charge-Coupled Device) プロセッサ上で、距離 $d=3$ 、 $d=5$ 、 $d=7$ の三角カラーコードを評価した結果、コード距離の増加に伴い論理エラーが指数関数的に抑制されることが確認されました。実験的な抑制係数は $\Lambda = 12$ を記録しています。

技術的詳細

今回の成果を支えるフルスタック・アーキテクチャの主要な実装要因として、以下の3点が挙げられます。

- **指数関数的な距離スケーリング**：コード距離を1段階上げるごとに、論理メモリエラーが12分の1に抑制されます。このスケーリングパラメータに基づくと、約30,000個の物理量子ビットを使用することで、100個の論理量子ビットにわたって 10^{-12} という目標論理エラー率を達成できると予測されています。
- **二層構造のリーク低減**：計算状態から非計算状態への状態リークを抑制するため、ハードウェアレベルで1762 nmの光学リパンプを3サイクル実施し（これによりリークを6.5倍低減）、さらにソフトウェア駆動のSWAP-superdenseリーク低減回路を用いてデータおよびアンシラ量子ビットをQCCDイオン輸送でサイクルさせています。
- **サブミリ秒のニューラルネットワークデコーダ**：A*-search Tesseractデコーダに加え、3D畳み込みニューラルネットワーク（3D CNN）とRound-Token Transformers（RTT）を導入しました。NVIDIA H100ハードウェア上での評価では、ラウンドあたりのレイテンシが0.2 msから0.5 msの間となり、リアルタイム・ストリーミングデコードへの適合性が示されました。

業界の文脈と他社比較

Quantinuumは、Google Quantum AIのWillowプロセッサによるマジック状態培養（magic-state cultivation）の結果との違いについても言及しています。Googleが達成した99.99%のマジック状態忠実度は、ポストセレクション（保持率約8%）を用いた非クリフォード資源状態の準備忠実度を測定したものです。対して、QuantinuumのHeliosによる99.9995%の数値は、それらの操作を消費するエンドツーエンドの論理メモリ精度を測定したものであり、評価対象が異なることを明確にしています。なお、マジック状態の準備に関しては、Quantinuumは2025年にトラップイオンQCCDアーキテクチャを用いて、保持率85%で99.993%の忠実度を実証しており、より少ない時空間オーバーヘッドで実現可能であるとしています。

今後の展望

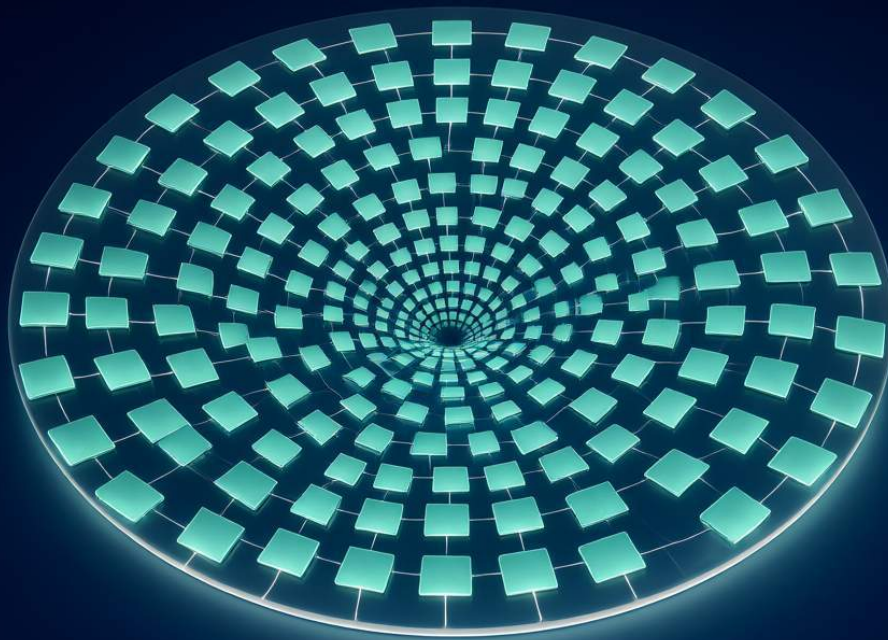
今回の実証結果は、Quantinuumが2029年までに実現を目指しているユニバーサル・フォールトトレラント量子システム「Apollo」に設定された性能目標と整合しています。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/quantinuum-demonstrates-99-9995-logical-memory-fidelity-on-helios-trapped-ion-processor/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#13 モジュール型双曲面コード | Googleらが実現したQECオーバーヘッド30倍以上の削減

公開日 2026年10月15日 Quantum Computing Report アメリカ



概要

Google Quantum AI、Google DeepMind、MITの研究チームが、標準的な2D表面コードと比較して物理量子ビットのオーバーヘッドを30倍以上削減するモジュール型量子誤り訂正（QEC）アーキテクチャを開発しました。この手法は、小規模な2D平面チップを双曲面タイリング幾何学で接続することで、複雑な配線を避けつつ量子低密度パリティ検査（qLDPC）コードの高い符号化率を実現します。これにより、量子コンピュータの実装における物理リソースの劇的な効率化が可能になります。

主要成果

Google Quantum AI、Google DeepMind、およびMITの研究チームは、標準的な2D表面コードに比べて物理量子ビットのオーバーヘッドを30倍以上削減することに成功した、モジュール型の量子誤り訂正（QEC）アーキテクチャを提案しました。この成果は、arXivで公開された技術論文「Low-Overhead Quantum Error Correction with Boundary-Connected Planar Modules」にて詳述されています。

技術・詳細

本アーキテクチャは、約100量子ビットで構成される小規模で平坦な2Dユークリッド平面チップを、双曲面タイリング幾何学（種数 $g \geq 2$ ）に基づいた疎で静的なインターモジュール境界カプラを介してネットワーク化するものです。これにより、チップ上の複雑な長距離配線（ワイヤクロッシング）を必要とせずに、量子低密度パリティ検査（qLDPC）コードの高い符号化率を享受することが可能になります。

具体的な構成と検証内容は以下の通りです。

- **モジュール構成：** 閉じた双曲面を、辺の長さ L のユークリッド格子パッチで細分化し、グローバルQECコードを72量子ビットまたは116量子ビットのフラットなモジュールに分割しています。
- **シンドローム抽出：** 隣接するモジュール間にまたがるスタビライザーの測定は、cat-flaggedシンドローム抽出回路を用いて境界シーム（継ぎ目）を介して行われます。
- **耐ノイズ性能：** SI1000ノイズモデル（ $p = 0.1\%$ ）を用いた回路レベルのシミュレーションにおいて、AlphaQubitニューラルネットワークおよび相関最小重み完全マッチング（MWPM）によるデコードを実施。その結果、インターモジュールシームのノイズが10倍高く（ $p_{\text{seam}} = 1\%$ ）ても、低い論理エラー率を維持し、高い耐性を示すことが実証されました。
- **論理ゲートの実行：** スペースオーバーヘッドなしでユニバーサルなフォールトトレラント論理をサポートするため、コード自己同型（グローバルタイリング置換）による「フォールトトレラント・ウォーキング回路」と、メモリ自体の約4.5倍小さいサイズで構成される「モジュール式リボン抽出器」を開発しました。

背景・業界の文脈

量子計算の実用化に向けた最大の課題の一つは、誤り訂正に必要な物理量子ビット数の膨大さ（オーバーヘッド）です。従来の2D表面コードでは、論理量子ビット1つを維持するために極めて多くの物理量子ビットが必要でしたが、qLDPCコードのような高度な符号化手法を物理的に実装可能な形式で導入することで、このリソース問題を大幅に改善できることが期待されていました。

今後の展望

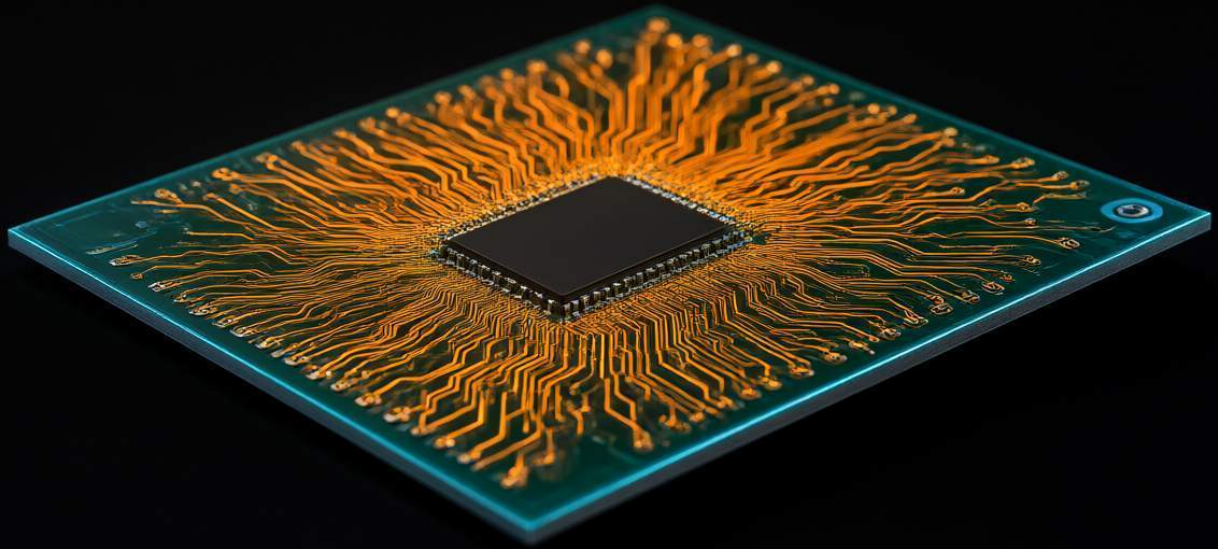
本研究で示されたモジュール型アプローチは、物理的な配線制約を回避しながら、高度な誤り訂正コードのメリットを享受できる道を示しました。特に、チップ間ケーブルのエラー率がチップ内ゲートエラーよりも10倍高くても動作し続ける堅牢性は、将来的な分散型量子コンピューティングや大規模な量子プロセッサの構築において重要な指針となります。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/google-quantum-ai-deepmind-demonstrate-modular-hyperbolic-codes-for-over-30x-qec-overhead-reduction/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#14 IBM Research | QECデコーダチップ設計のAI自動化、推論コスト削減と高速化の性能

公開日 2026年10月15日 Quantum Computing Report アメリカ



概要

IBM Researchは、AI「エージェント・ファクトリー」を用いて量子誤り訂正（QEC）デコーダ専用の古典ハードウェア設計を自動化した。オープンウェイトモデルと分散推論スタックの活用により、AI推論コストを11.5倍削減しつつ、ハードウェアの速度を最大204倍向上させることに成功した。この成果は、オープンなAIモデルと効率的なインフラを組み合わせることで、スケーラブルな耐故障性量子システムの構築に向けたチップ設計を経済的に実用化できることを示している。

主要成果

IBM Researchの研究チームは、AIエージェント・ファクトリーを用いて、量子誤り訂正（QEC）デコーダ向け専用古典ハードウェアのアーキテクチャ設計を自動化し、大幅な性能向上とコスト削減を達成した。具体的には、ハードウェアの速度を最大204倍に高めながら、AIの推論コストを11.5倍削減することに成功している。また、オープンなAIモデルを用いた構成では、わずか26ドルの推論コストでハードウェアの52倍高速化を実現した。

技術・詳細

本研究では、 $[[144,12,12]]$ bivariate bicycle (Gross) qLDPCコード向けに設計されたRelay-BPデコーディングアルゴリズムの、高位合成（HLS）C++実装に対して自律的なマルチエージェント探索を適用した。IBMが開発した「Agent Factory」フレームワークは、1つのコーディネーターモデルと4つの並列ワーカーエージェントで構成されており、以下のようなアーキテクチャ変換を提案し、実行間隔（Initiation Interval） $II = 1$ の実行を実現している。

- メモリ構造をチェックメジャー・レイアウト（check-major layouts）へ再構成
- ループ削減をコンパイル時の再帰ツリーへと展開（unrolling）
- デュアルレイアウト・メッセージストアの構築

また、オープンソースの分散推論スタック「llm-d」を用いてオープンウェイトモデルをオンプレミスで運用したことで、98%という高いプレフィックスキャッシュヒット率を達成した。これにより、混合サービングコストを100万トークンあたり約0.11ドルまで低減させている。

背景・業界の文脈

量子計算において、高レートの量子低密度パリティチェック（qLDPC）コードは、標準的な2D表面コードと比較して物理量子ビットから論理量子ビットへのオーバーヘッドを大幅に削減できる利点がある。しかし、qLDPCコードはチェック行列が密であり、非局所的であるため、そのデコード処理には複雑で並列性の高い古典ハードウェアが必要となる。これまで、こうした専用ハードウェアの最適設計は困難な課題であった。

今後の展望

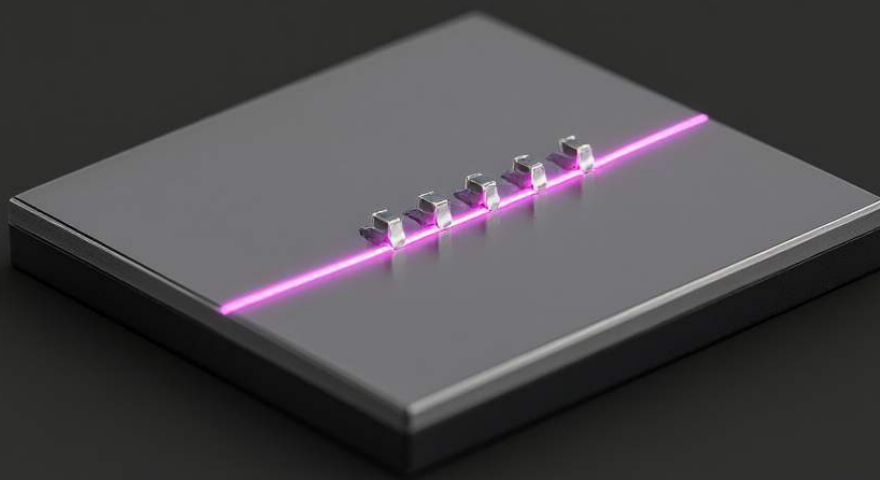
今回の研究は、オープンなフロンティアモデルと効率的な推論インフラを組み合わせることで、自律的なQECチップ設計を経済的に実用的なレベルにまで引き上げられることを証明した。これにより、将来的なスケーラブルな耐故障性量子システムの実現に向けた、ハードウェア設計の効率化が加速することが期待される。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/ibm-research-automates-qec-decoder-chip-design-using-open-ai-agent-factories-at-11-5x-lower-inference-cost/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#15 シリコンスピン量子ビット | RIKENらが実現した同時制御の精度と99.9%の閾値突破

公開日 2026年10月17日 Quantum Computing Report アメリカ



概要

RIKEN、国立台湾大学、ETH Zurich、デルフト工科大学の研究チームが、5つのシリコン量子ドットアレイにおいて、単一の共有マイクロ波制御線を用いた高フィデリティな同時単一量子ビット操作を実証しました。AC-Starkシフトに起因するクロストークを解消するペアワイズ校正プロトコルを導入し、5量子ビット同時動作時でもゲートフィデリティ99.9%以上を維持することに成功しています。これにより、2次元表面コードを用いた量子誤り訂正（QEC）に必要な最小要件を満たし、スケーラブルな量子プロセッサ（QPU）への道が開かれました。

主要成果

RIKENを中心とする国際研究チームは、シリコン（ $^{28}\text{Si}/\text{SiGe}$ ）量子ドットアレイにおいて、5つの量子ビットを同時に、かつ極めて高い精度で制御する技術を開発しました。特筆すべきは、単一の共有マイクロ波伝送線を用いて、全5量子ビットの同時単一量子ビットゲートフィデリティを99.9%以上に維持した点です。これは、実用的な量子誤り訂正（QEC）を実現するためのフォールトトレラント（耐故障性）閾値とされる99.9%を突破したことを意味します。

技術的詳細とクロストークの解消

シリコンスピン量子ビットの制御において、最大の課題は「並列駆動クロストーク」でした。複数の量子ビットを同時に駆動させると、ゲートフィデリティが99.9%以上から99.5%まで低下することが確認されていました。研究チームはこの原因が、オフレゾナンスのマイクロ波駆動によって誘発される「AC-Starkシフト（隣接するマイクロ波パルスによって量子ビットの周波数が予測通りに変動する現象）」であることを突き止めました。

この位相シフト（ $\Delta\phi_{ij}$ ）は線形に加算される性質を持つため、チームは個々の量子ビットペア間での位相蓄積を測定する「 $N(N-1)$ ペアワイズ校正プロトコル」を導入しました。これにより、計算量を $2^N - N - 1$ ではなく $N(N-1)$ に抑えつつ、クロストークを効果的に補正することが可能となりました。また、単一量子ビット駆動中の隣接量子ドット間の残留交換相互作用（ J_{off} ）が16.6 kHz未満に抑えられていることも、デカップルCZシーケンス測定によって確認されています。

背景と業界の文脈

量子誤り訂正を実装するには、多くの量子ビットに対して同時に操作を行う必要があります。しかし、シリコンスピン量子ビットは、駆動中の量子ビット（ $T_2^R \approx 100 \mu\text{s}$ ）に比べ、待機状態の量子ビット（ $T_2^* \approx 10 \mu\text{s}$ ）のデフェーシング（量子状態の崩壊）が著しく速いという特性があります。そのため、順番に操作を行うのではなく、同時に操作することが不可欠です。今回の成果は、単一の制御線で最大3量子ビットを99.99%の精度で、5量子ビットを99.9%以上の精度で同時操作できることを証明し、物理的な配線密度の低減と熱負荷の軽減を同時に実現しました。

今後の展望

今後は、表面マイクロマグネットをBEOL（後工程）ナノマグネットに置き換えることで、局所磁場勾配を2倍に高められる可能性があります。これにより、より低いマイクロ波電力で、2～3 MHzという高速なゲート操作が可能になります。このアプローチは、商用シリコン製造プロセスにおいて、1つの共有制御線あたり約10量子ビットを制御する「10量子ビット並列制御モジュール」の構築に向けた道筋を示すものです。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/riken-demonstrates-high-fidelity-simultaneous-control-of-silicon-spin-qubits-above-99-9-threshold/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#16 Quantinuumの量子計算 | 「megaquops」時代 へ向けたエラー訂正性能と課題

公開日 2026年10月20日 Science News アメリカ



概要

Quantinuumが、100万回の信頼性の高い操作を可能にする「megaquop」体制の実現に向けた重要な進展を報告した。同社の量子コンピュータ「Helios」を用い、100万回の操作に対してエラーが約5回という極めて低いエラー率を達成している。この成果は、少ない物理量子ビットで高いエラー抑制を実現できることを示しており、実用的な量子計算への道を切り拓くものである。

主要成果

Quantinuumは、量子コンピュータにおいて100万回の信頼性の高い操作を実行できる「megaquop」と呼ばれる領域への到達に向けた大きな前進を達成した。同社が開発した量子コンピュータ「Helios」を用いた実験において、100万回の操作に対しエラーがわずか約5回という極めて低いエラー率を記録したことが、2026年10月19日に同社ウェブサイトおよびarXiv.orgで公開された論文で報告された。

技術・詳細

Heliosは、チップ上に浮遊させた電氣的に帯電した原子（イオン）を量子ビット（qubit）として利用する方式を採用しており、計98個の量子ビットを備えている。量子ビットは非常に繊細であり、意図せず状態が反転して計算ミスを誘発する性質があるため、本研究では「量子エラー訂正」技術を導入した。

量子エラー訂正とは、複数のエラーが発生しやすい物理量子ビットを組み合わせ、一つの「論理量子ビット（logical qubit）」を構成することで、ミスが起きにくい高精度なユニットを作る手法である。論理量子ビットの規模を拡大（例：物理量子ビット数を7から19へ増加）させるたびに、エラー率が減少する割合を示す指標が「lambda（ラムダ）」である。Googleが2024年にNatureで報告したエラー訂正のデモンストレーションではlambdaは約2であり、規模拡大ごとにエラーが半分に減少していた。対してQuantinuumのシステムではlambdaが約10に達しており、論理量子ビットを大きくすることでエラー率が急速に低下することが確認された。具体的に37個の物理量子ビットで構成された論理量子ビットでは、100万回の操作でエラーが5回という、megaquop体制に迫る精度を実現した。

背景・業界の文脈

量子計算において、物理的な量子ビットの不安定さを克服し、信頼性の高い計算を大量に実行できる体制を構築することは最大の課題の一つである。今回の成果で示された高いlambda値は、目標とするエラー率を達成するために必要な物理量子ビットの数を大幅に削減できることを意味する。デューク大学の量子エンジニアでありLogiqalの科学顧問を務めるケン・ブラウン氏は、この物理量子ビット数の削減は非常に大きなメリットであると指摘している。

今後の展望

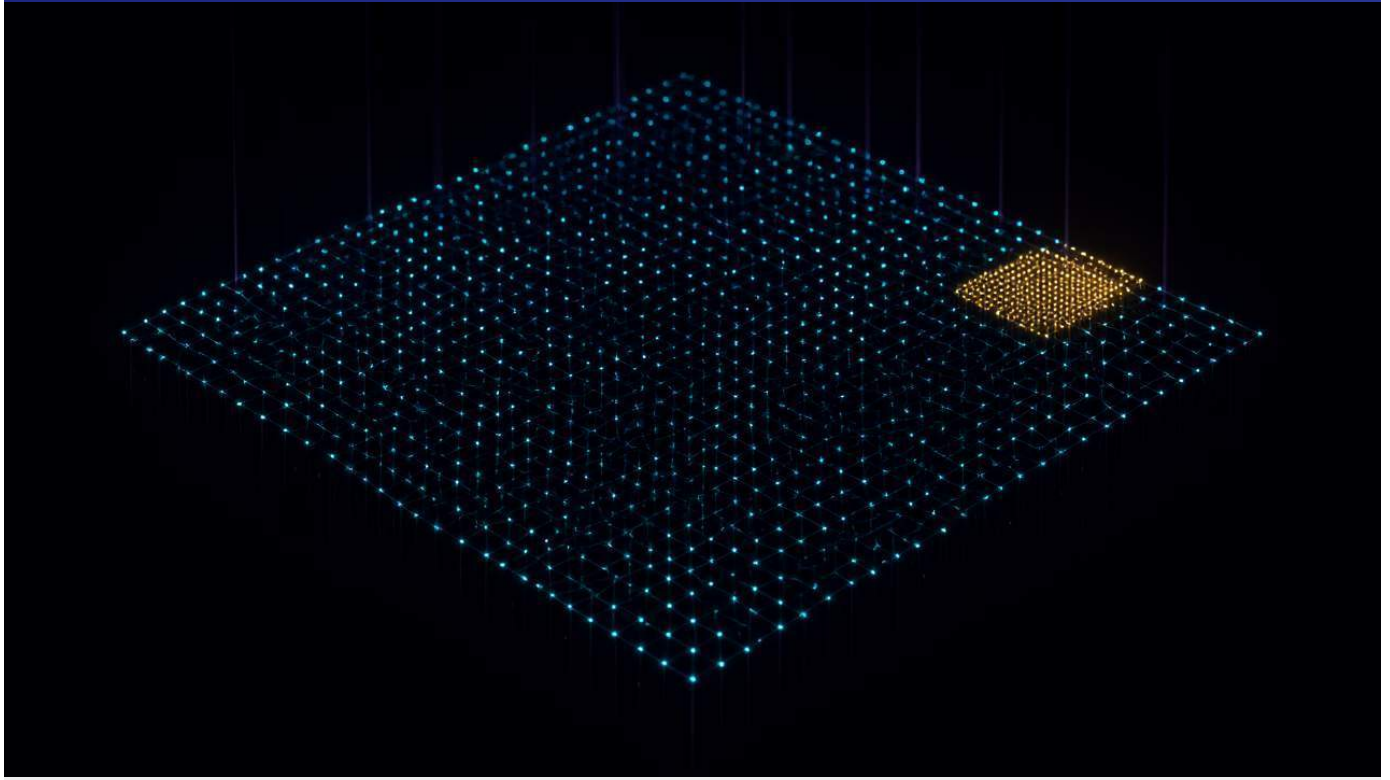
今回の実験は単一の論理量子ビットを用いたものであるが、実際にmegaquop体制を実現するためには、50から100程度の論理量子ビットが必要になると考えられている。Quantinuumのデビッド・ヘイズ氏は、今回の統計結果はmegaquopマシンの優れた構成要素になり得ると述べており、今後はシステムのスケールアップが不可欠となる。

元記事: <https://sciencenews.org/article/quantum-computer-megaquops-error-correction>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)

#17 Kipu Quantum | 中性原子量子プロセッサによる分子毒性分類の性能向上と手法

公開日 2026年10月17日 Quantum Computing Report アメリカ



概要

Kipu Quantumが、QuEra Computingの中性原子量子プロセッサを用いて、分子の毒性分類における量子特徴抽出の有効性を実証しました。200量子ビットの配列を用いた実験では、不均衡データセットにおいてBalanced Accuracyが0.55から0.70へ向上し、F1スコアは約0.30から0.60へと倍増しました。従来のゲートベースの量子機械学習が抱えるノイズ問題を、アナログ量子ダイナミクスの活用によって回避した点が技術的なポイントです。

主要成果

量子アプリケーションソフトウェア開発のKipu Quantumは、QuEra Computingの256量子ビット中性原子量子プロセッサ「Aquila」を用い、創薬や化学物質の安全性評価に不可欠な分子毒性分類において、アナログ量子特徴抽出による性能向上を達成しました。UCI Molecular Toxicityデータセットを用いた検証において、量子特徴量を導入したモデルは、従来の古典的な分子記述子を用いたモデルを大幅に上回る精度を記録しました。具体的には、Balanced Accuracyが0.55から0.70に上昇し、F1スコアは約0.30から0.60へと倍増しました。また、SVM（サポートベクターマシン）分類器を用いた場合に、最高となる約0.81のAUCスコアを達成しています。

技術・詳細

本研究では、Kipu Quantum Hubプラットフォームを通じて、200量子ビットの中性原子配列を14×15のグリッド状（原子間距離は数マイクロメートル）に配置して運用しました。特筆すべきは、従来のデジタル量子機械学習（QML）で必要とされる深いゲートベースの回路を避け、リドベリ状態の連続的なアナログ量子ダイナミクスを利用した点です。これにより、現在のハードウェアで課題となっているノイズによるオーバーヘッドを回避しています。

具体的なプロセスは以下の通りです：

- 各候補分子に対し、4マイクロ秒未満の滑らかな駆動パルスを印加し、配列全体で集団的な量子相互作用を発生させる。
- 1サンプルあたり500回の独立した読み出しショットを行い、分子ごとに約1,000個の量子特徴量を生成する。
- 抽出された量子特徴量を、XGBoost、CatBoost、Random Forest、SVM、およびGoogle Researchのゼロショット表形式基盤モデル（TabFM）を含む複数の古典的機械学習モデルで評価する。

背景・業界の文脈

分子毒性の分類のようなタスクでは、データセットが不均衡（非毒性クラスが圧倒的に多い）であることが多く、古典的なモデルでは単に多数派のクラスを予測することで見かけ上の正解率（raw accuracy）を高めてしまう傾向があります。しかし、本手法で生成された高次元の量子特徴量は、こうした不均衡データにおいても高い識別能を持つことが示されました。

今後の展望

本成果は、中性原子量子プロセッサを用いたアナログ的なアプローチが、化学分野における複雑なデータ分類において実用的な性能向上をもたらす可能性を示しています。ゲートベースの制約を乗り越え、量子ハードウェアの特性を直接的に活用した特徴抽出手法は、今後の創薬プロセスにおける効率化に寄与すると期待されます。

元記事: <https://quantumcomputingreport.com/kipu-quantum-demonstrates-neutral-atom-quantum-feature-extraction-for-molecular-toxicity-classification-on-quera-hardware/>

収集日: 2026年10月24日 | 自動記事収集・翻訳システム (AI使用)