

2026 年 8 月 31 日
株式会社日立製作所

日立、学術実証から産業応用への展開を加速するシリコン量子コンピュータ基盤技術を開発

将来の大規模システム実現に向け、高い拡張性を有する量子ビット集積構造と高精度な電子輸送技術の有効性を実証

株式会社日立製作所(以下、日立)は、社会や産業の持続的な成長を支える次世代の計算基盤として期待されるシリコン量子コンピュータの実用化に向けて、その大規模化を支える基盤技術の有効性を実証しました。

量子コンピュータは、新材料開発や創薬、エネルギー需給最適化など、従来の計算基盤では解決が難しい複雑な課題への対応力を高める技術として期待されています。日立は、学術実証から産業応用への展開に向けて、2027 年度のクラウド公開、2028 年度の 100 量子ビット級システム、2030 年度の 1,000 量子ビット級システムの開発をめざしています^{*1}。一方、その実現に向けては、量子ビット^{*2}数の増加に伴う配線数の増大と、計算精度の維持が課題となっていました。今回は、こうした大規模化の課題に対応する基盤技術として、複数の量子ビットを共通の配線と制御用ゲートで動かす「共有ゲート型アーキテクチャ」(図 1)を考案し、imec の協力のもと 4×4 の量子ビット配列構造を試作・評価して、量子ドット^{*3}形成と量子ビット操作を確認しました。さらに、電子輸送(シャトリング)^{*4}の急な速度変化を抑える「電子速度制御技術」(図 2)を提案し、量子物理シミュレーションにより量子状態の乱れを抑えられることを示しました。

本成果は、国内外の研究機関との連携^{*5}で蓄積してきた基礎技術を基盤に、今後進める量産化を見据えた研究開発と学術実証から産業応用への展開^{*6}を支える技術的な進展です。日立は、量子コンピュータの社会実装を通じて Lumada の進化を支え、産業や社会インフラの高度化と持続可能な社会の実現に貢献していきます。

^{*1} [日立のシリコン量子コンピュータ開発戦略——水野技師長が語る“実用化へのロードマップ”](#) - 研究開発：日立

^{*2} 量子ビット: 量子コンピュータで利用される情報の最小単位。量子力学の重ね合わせの原理を利用し、0 と 1 が重なり合った状態の表現が可能

^{*3} 量子ドット: 電子を閉じ込めて量子ビットとして利用する微小な構造

^{*4} 電子輸送(シャトリング): 量子ドット間で量子情報を持つ電子を移動させる技術

^{*5} [シリコン量子コンピュータの実用化に向けた研究開発を加速](#) - 研究開発：日立

^{*6} [日立、学術実証から産業応用への展開の加速に向け、インテル株式会社および産業技術総合研究所との協力によりシリコン量子コンピュータの研究開発を開始](#)：日立

背景および課題

量子コンピュータの実用化に向けては、量子ビットを大規模に集積しながら、安定して制御できる技術の確立が求められています。特に、誤り耐性型量子コンピュータの実現には、将来的に 100 万規模の量子ビット集積が必要とされています。日立が研究開発を進めるシリコン量子コンピュータは、既存の半導体製造技術を活用できるため、量産化を見据えた大規模化に適した方式として期待されています。一方で、量子ビット数を増やすほど制御配線が増え、冷却や実装の負荷が高まります。また、量子ビットを使った計算を高い精度で実現することも容易ではありません。こうした課題を解決

し、研究成果を将来の産業応用や社会実装につなげるには、装置への実装やシステム運用まで見据えた基盤技術の確立が重要です。

課題を解決するために実証した技術の特長

そこで日立は、大規模シリコン量子コンピュータの産業応用に向けた課題に対応する基盤技術として、配線数の増大を抑えるアーキテクチャ技術と、電子輸送(シャトリング)時の量子状態の乱れを抑える制御技術を実証しました。本成果は、日立が長年にわたり取り組んできた半導体デバイスの設計・製造・評価技術と量子コンピューティング研究の蓄積を背景に、先端的なデバイス開発と量子制御技術を一体的に推進することで実現しました。技術の特長は以下の通りです。

1. 量子ビットの増加に伴う配線数の増大を効果的に抑える「共有ゲート型アーキテクチャ」

日立は、従来のコンピュータの半導体メモリで広く利用されているクロスバー構造を応用し、複数の量子ビットを共通の配線と制御用ゲートで動かす「共有ゲート型アーキテクチャ」を考案しました(図 1)。従来構造では、量子ビットごとに個別の配線とゲートが必要ため、量子ビット数が増えるほど配線数が増大し、大規模化の障壁となっていました。今回考案した新構造では、複数の量子ビットを共通の配線とゲートで制御できるため、配線数の増大を効果的に抑えることができます。imec の協力のもと、300mm ウェハプロセスで 4×4 の 16 量子ビット配列構造を試作し、すべての量子ドットの形成と一部の量子ビット操作を実証しました。本成果は、量子誤り訂正を実現する将来の大規模シリコン量子コンピュータにおいて、多数の量子ビットを少ない配線で効率的に制御する技術の実用化に向けた重要な一歩となるものです。

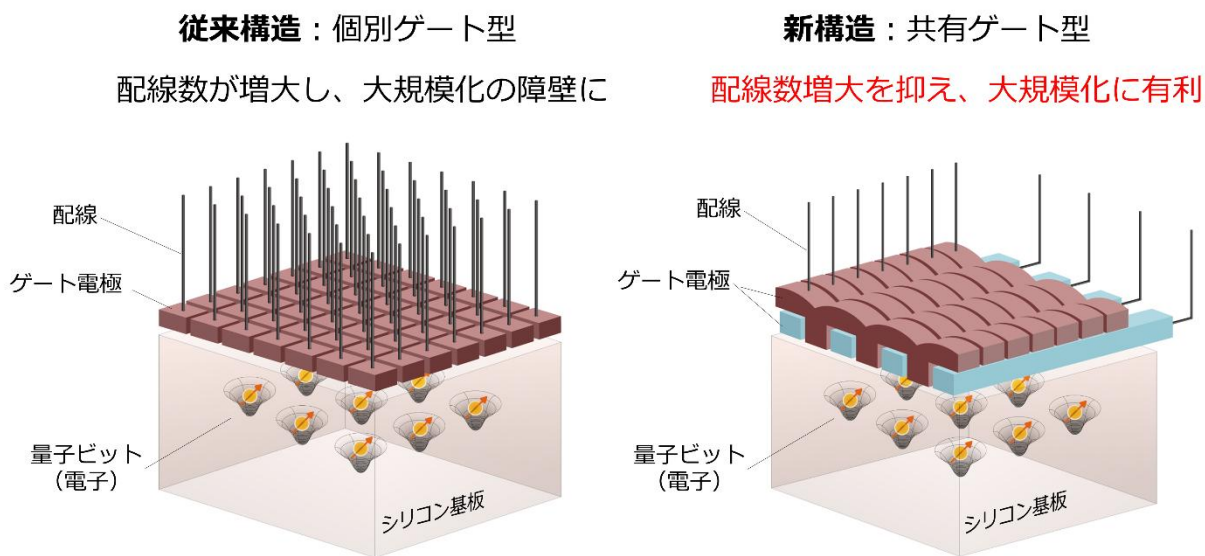


図1: 従来構造と今回実証した「共有ゲート型」構造の比較

2. 電子輸送(シャトリング)時の量子状態の乱れを抑える「電子速度制御技術」

シリコン量子コンピュータでは、量子ビットを離して配置することで配線やノイズの課題を抑えられる一方、必要なタイミングで量子ビット同士を相互作用させるために、量子情報を持つ電子を移動させる電子輸送(シャトリング)技術が重要になります。従来の電子輸送では、電子を急激に加速・減速させながら移動させる考え方が一般的でした。しかし日立は、急な速度変化が電子の量子状態を乱し、計算エラーにつながる要因になり得ることに着目しました。そこで、電子の移動速度を滑らかに変化させる「電子速度制御技術」を提案しました。本技術では、電圧信号を位相変調することにより、電

子移動の加速・減速を急激ではなく徐々にするように制御します。量子物理シミュレーションの結果、本方式が電子輸送時に生じる量子状態の乱れを抑え、エラー低減につながる可能性を示しました。日立はこれまでも量子ビットの高精度化技術に取り組んでおり、2024 年にはマイクロ波位相変調技術により量子ビットの動作安定性を 100 倍以上向上させる成果も発表しています^{*7}。これらの成果は、将来の大規模シリコン量子コンピュータにおける高信頼な量子計算の実現に貢献するものです。

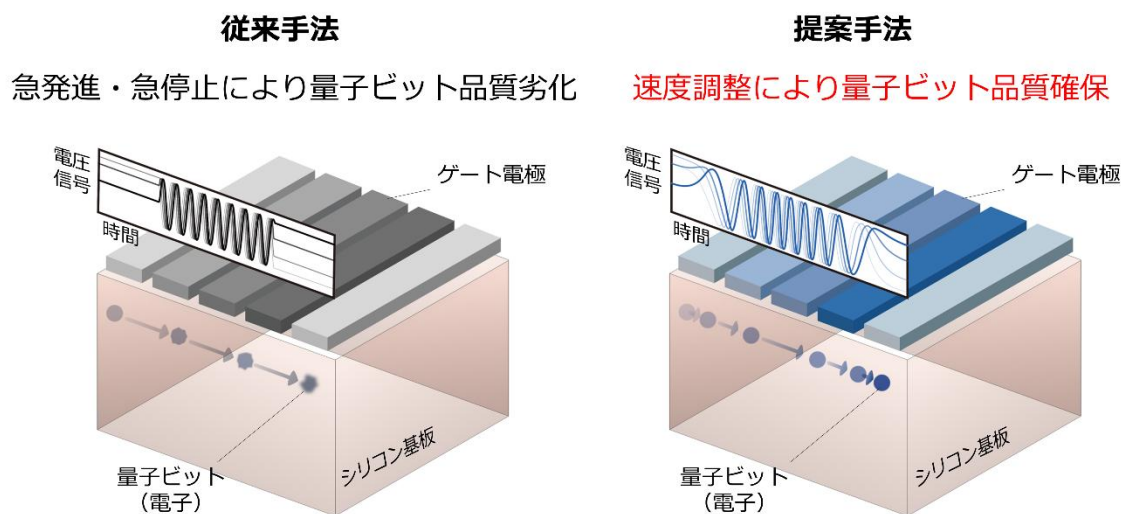


図2: 従来手法と今回提案した電子速度制御技術の比較

*7 [日立](#)、量子コンピュータの実用化に向けて 量子ビットの寿命を 100 倍以上長く安定化させる操作技術を開発 - 研究開発：日立

今後の展望

今後、日立は量子ビットチップ設計、実装、クラウド運用の研究開発を進め、産官学や国内外のパートナーとの連携を通じて、学術実証から産業応用への展開を加速します。あわせて、2027 年度のクラウド公開、2028 年度の 100 量子ビット級システム、2030 年度の 1,000 量子ビット級システムをめざします。日立は、量子コンピュータを次世代の計算基盤として実用化し、エネルギー、モビリティ、生産現場の最適化、金融リスク分析における最適化やシミュレーションの高度化を進めます。こうした従来の計算基盤では対応が難しい複雑な社会課題を解決するソリューションを開発し、Lumada として社会に展開していきます。

なお、本成果の一部は 2026 年 8 月 31 日から韓国・仁川で開催されるシリコン量子コンピュータ分野の著名な国際会議 SiQEW/ICOSS 2026 にて発表します^{*8}。

*8 [R. Nagai, T. Takemoto, and H. Mizuno, "Smooth velocity shuttling for suppressing valley excitations in disordered Si/SiGe quantum dots," arXiv:2606.01541, 2026.](#)

謝辞

本研究は、ムーンショット型研究開発事業 目標 6「2050 年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現(プログラムディレクター: 北川勝浩)」の研究開発プロジェクト、 Grant 番号 JPMJMS2065、JPMJMS256H による助成を受けて行われました。

Lumada について

[Lumada](#)：デジタル：日立

日立製作所について

日立は、IT、OT(制御・運用技術)、プロダクトを活用した社会イノベーション事業(SIB)を通じて、社会インフラをデジタルで革新し続けるグローバルリーダーをめざし、環境・幸福・経済成長が調和するハーモナイズドソサエティの実現に貢献します。デジタルシステム&サービス、エナジー、モビリティ、コネクティビティインダストリーズの4セクターに加え、新たな成長事業を創出する戦略SIBビジネスユニットの事業体制でグローバルに事業を展開し、Lumadaをコアとしてデータから価値を創出することで、お客さまと社会の課題を解決します。2025年度(2026年3月期)売上収益は10兆5,867億円、2026年3月末時点で連結子会社は606社、全世界で約29万人の従業員を擁しています。詳しくは、www.hitachi.com/ja-jp/をご覧ください。

お問い合わせ先

株式会社日立製作所

研究開発グループ

問い合わせフォーム：

<https://www8.hitachi.co.jp/inquiry/hqrd/news/jp/form.jsp>