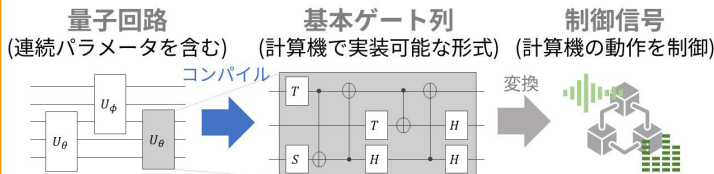


どんな研究	量子コンピュータは計算中に様々なノイズが発生するため、多様な抑制方法が提案されてきましたが、ノイズの「形」が整っていない場合は抑制が難しいことが課題でした。本研究では、 自然に発生するノイズに人工的なノイズを加えることでノイズを整える方法 を確立しました。
どこが凄い	整えた後のノイズが最小になるような人工ノイズの加え方を考案 しました。ノイズの形を整えたことで、ノイズを抑制しやすくなる上、整えた後のノイズを大幅に低減させることができます。それらの相乗効果により、量子計算の精度が飛躍的に向上することが期待できます。
めざす未来	量子コンピュータの計算精度がさらに高まれば、大規模で複雑な計算やシミュレーションが可能となり、 製薬・物流・医療・科学技術の大きな課題を解決 できる可能性があります。この研究成果を用いることで、量子コンピュータがより豊かな未来社会を切り拓くことが期待されます。

量子回路実装におけるノイズの問題

- 量子コンピュータは従来の計算機より飛躍的に高い計算能力が期待される一方、ノイズの影響を受けやすく、**計算エラーが大きいことが課題**です。
- ノイズは実機での動作中だけでなく、**コンパイル**と呼ばれる、量子回路（＝プログラム）を実機で実装可能な形式に変換する過程でも生じます。



ノイズの種類と抑制方法

- 同じ計算を繰り返すことでノイズを抑制する、様々な手法が提案されています。
- ノイズによって抑制しやすさ（＝繰り返し回数）が大きく異なり、特に、コンパイル時に発生する**論理ノイズは抑制が困難**です。

論理ノイズ：コンパイル時に連続パラメータを離散化することで発生するノイズ。

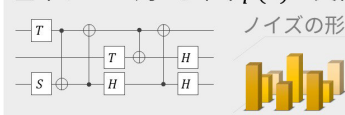
物理ノイズ：計算機の動作中に発生するノイズ。量子誤り訂正技術の進歩により長期的には削減可能。

ノイズの種類	ノイズの形	抑制方法とコスト
コヒーレントノイズ： （＝論理ノイズ）		【方法】 Probabilistic error cancellation 【コスト】 大
分極解消ノイズ： （＝物理ノイズ）		【方法】 Rescaling 【コスト】 小
偏極ノイズ： （＝自然には発生しないノイズ）		【方法】 Error detection 【コスト】 ほぼゼロ

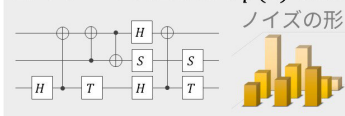
コンパイル最適化による論理ノイズの低減と変形

- 基本ゲート列を確率的に切り替える**という、確率的コンパイル法を提案しました。
- 論理ノイズを低減させると同時に、抑制しやすい形に整える最適化**を実現しました。

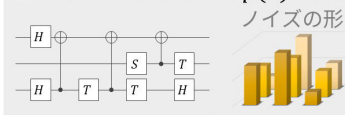
基本ゲート列1を確率 $p(1)$ で実行



基本ゲート列2を確率 $p(2)$ で実行



基本ゲート列3を確率 $p(3)$ で実行



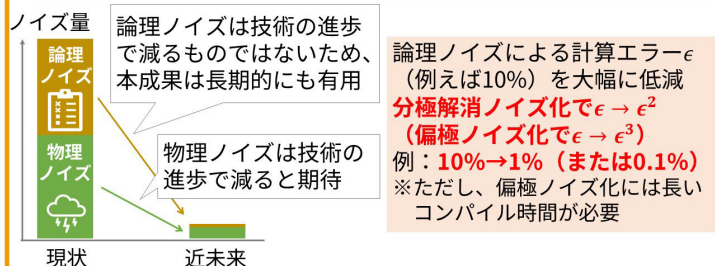
- 確率分布 $p(x)$ を上手く設計することで、抑制しにくい論理ノイズを合成し、**相殺**。
- 合成後のノイズを最小化しつつ、抑制しやすい「**分極ノイズ**または**偏極ノイズ**」に変形。

■ 分極解消ノイズ化

■ 偏極ノイズ化

本研究の効果

量子計算中に発生する全てのノイズを抑制しやすいものに整えることが出来、近未来の量子コンピュータでも**高精度な計算が出来ることを示しました**。



関連文献

[1] N. Yoshioka, S. Akibue, H. Morisaki, K. Tsubouchi, Y. Suzuki, “Error crafting in mixed quantum gate synthesis,” *arXiv*, 2405.15565, 2025.

連絡先

秋笛 清石（Seiseki Akibue）メディア情報研究部 情報基礎理論研究グループ