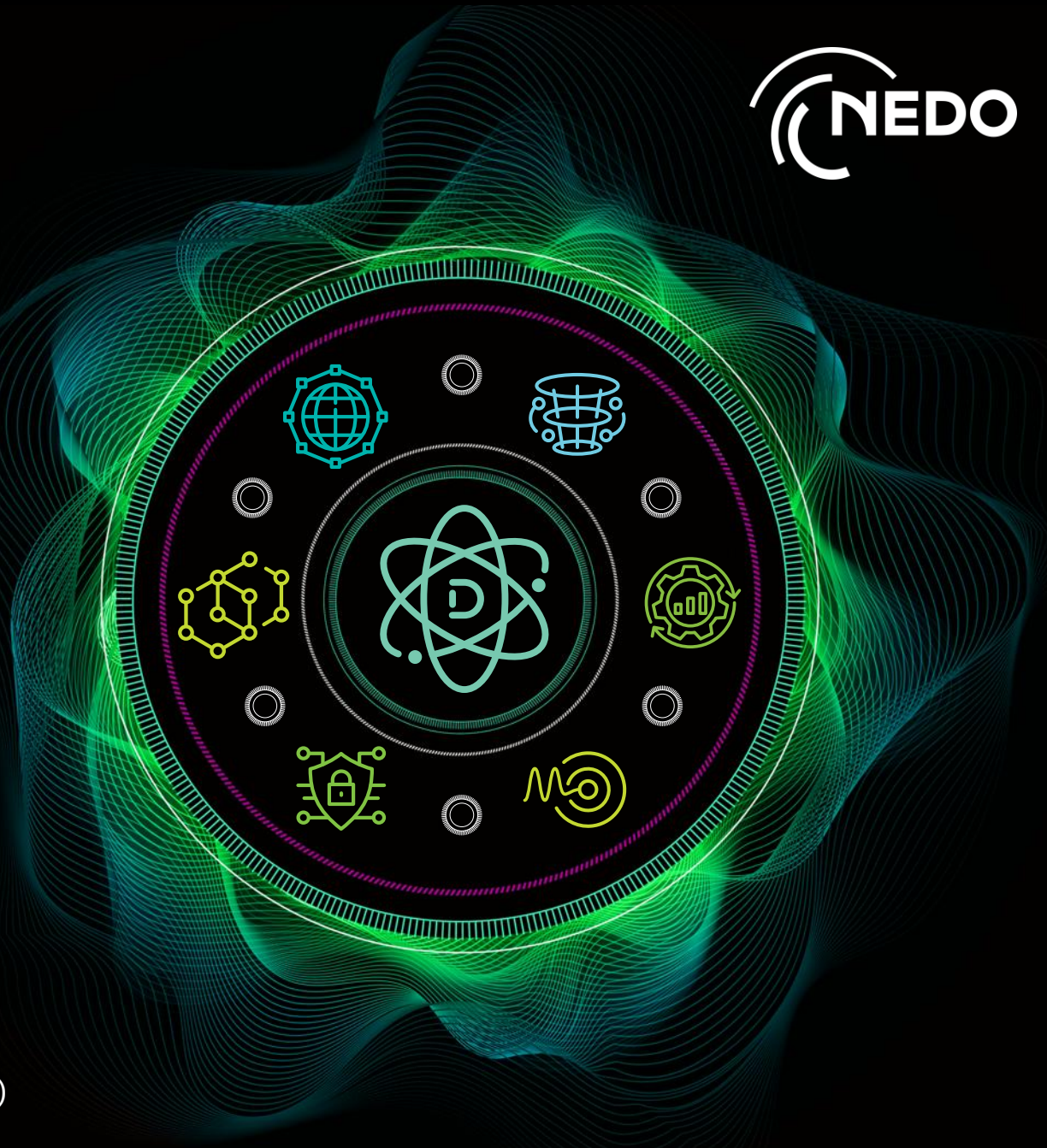
量子コンピューティング ユースケース集

量子ニューラルネットワークを活用した画像生成

Quemix



国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

Quemix：量子ニューラルネットワークを活用した画像生成【2023/11】 1／3

検証

産業領域	その他
手法	AI
プロセス	推論
技術分類	ゲート*

取組の背景

- AI自身が学習し最善/新規の回答を提供する生成AIの活用ニーズが拡大し、高次元データ生成を行う画像生成も実現
- **生成AIによる画像生成など大規模演算の必要性から、コンピューティングリソースやエネルギー需要が増大しCO2排出量の増加が懸念されている**
  - ✓ **AIモデルが排出するCO2の内、大部分を占めるのは**AIモデルの訓練ではなく**ユーザーによるAIの利用時**に発生する[*1]
  - ✓ その中でも画像生成AIで必要なエネルギーはテキスト生成よりも遥かに多く、Stable Diffusionなどの**拡散モデルを活用し1000枚の画像を生成すると平均的なガソリン車でおよそ6.6キロメートル走行するのに匹敵する量の二酸化炭素を排出**

解決したい課題・モチベーション

- 画像・ビデオ生成においては古典ニューラルネットワークモデルを用いた拡散モデルが広く活用されている
  - ✓ **拡散モデルは、ランダムノイズを含む元画像データ（ピクセル値）からノイズを除去**し求める画像に変換している
- **ただし、画像データの2次関数的スケーリング**（例: 8ピクセル画像では64要素が必要）により、**4K画像など高解像度画像では大規模データの同時処理が必要になり古典コンピューターでは困難**であり、ビデオ生成では更に事態は深刻になる
- よって、量子アルゴリズムベンダーの**Quemixは、古典ニューラルネットワークを量子ニューラルネットワークに置き換え量子コンピューターの同時並列計算の強みを活かした大規模画像・ビデオ生成の可能性**を企図している

*1：MIT Technology Review「AI画像生成のエネルギー消費量、スマホのフル充電に匹敵」（https://www.technologyreview.jp/s/323271/making-an-image-with-generative-ai-uses-as-much-energy-as-charging-your-phone/）
参考：Quemix「チャネルアテンションを導入した量子ニューラルネットワークによる拡散モデル」（https://www.quemix.com/notes011）
*ゲート（gate-based）= 量子ビットに対して順に演算を適用することで計算を行う方式。通常のコンピュータにおける論理回路に近い考え方で、幅広い問題に対応可能。

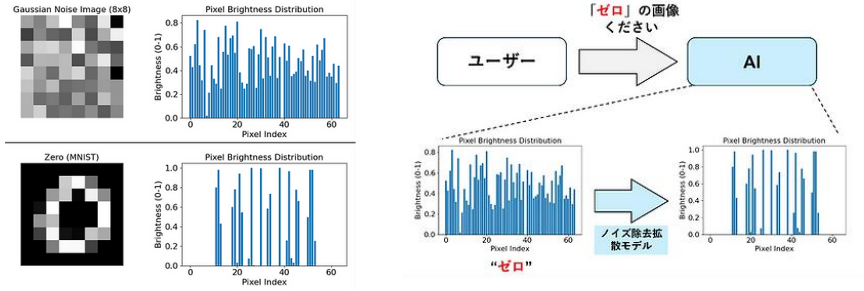
Quemix：量子ニューラルネットワークを活用した画像生成【2023/11】 2／3

検証

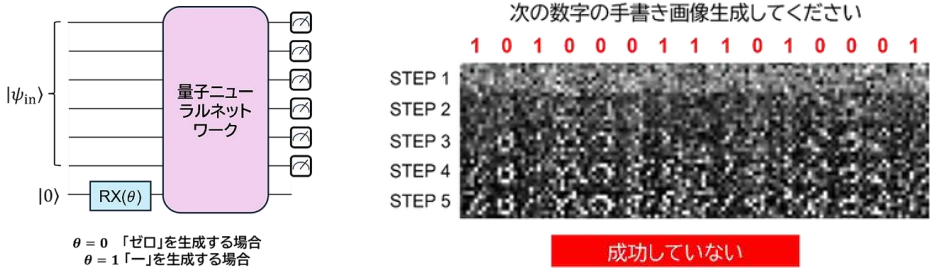
産業領域	その他
手法	AI
プロセス	推論
技術分類	ゲート*

量子コンピューターとしての問題設定

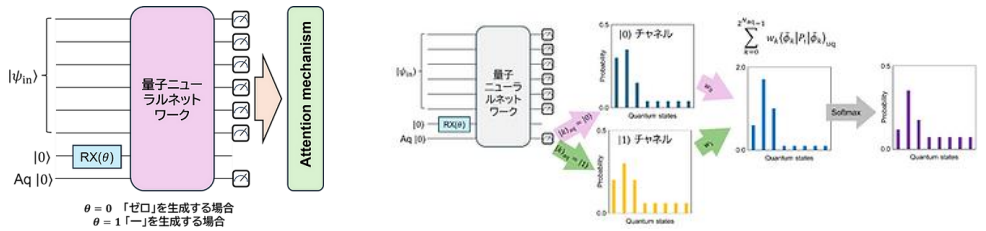
- 古典ニューラルネットワーク（古典NN）を用いた拡散モデル
  - ✓ 画像は2次元行列として表現され、行列要素はピクセルに対応
  - ✓ AIに手書きの「ゼロ」を要求すると、**行列表現されたランダムノイズ画像のピクセル値から手書きの「ゼロ」の値へ変換**し画像を生成
- 量子ニューラルネットワーク（量子NN）を用いた拡散モデル
  - ✓ **4K画像生成に必要な800万要素**は古典NNでは同時処理が困難だが、**量子コンピューターを活用すると23ビットで高速処理が可能**
  - ✓ 一方で、画像生成にはノイズ除去が必要
- **ノイズ除去性能を付与した量子ニューラルネットワークを用いた拡散モデル**
  - ✓ ノイズ除去が非ユニタリー演算であり、量子コンピューターで許容されるユニタリー演算では処理できない
  - ✓ よって、大規模演算は量子コンピューターで実行し**ノイズ除去のための非ユニタリー演算を古典コンピューターで実行するチャネルアテンション機能を導入**



古典NNでの拡散モデルによる手書き「0」の生成ノイズ除去された出力が生成可能



量子NNの拡散モデルで手書き「0」か「1」を生成する
量子回路と出力（ノイズにより画像生成は失敗）



量子NNの拡散モデルにノイズ除去機能（チャネルアテンション）の導入

参考：Quemix「チャネルアテンションを導入した量子ニューラルネットワークによる拡散モデル」（https://www.quemix.com/notes011）
*ゲート（gate-based） = 量子ビットに対して順に演算を適用することで計算を行う方式。通常のコンピュータにおける論理回路に近い考え方で、幅広い問題に対応可能。

Quemix：量子ニューラルネットワークを活用した画像生成【2023/11】 3／3

検証

産業領域 その他
手法 AI
プロセス 推論
技術分類 ゲート*

期待されるビジネス効果

- **QCNNのパフォーマンスが向上し、フィードフォワードニューラルネットワークを追加の後処理として使用する従来のアプローチよりも優れたパフォーマンスを発揮した**
- **古典コンピューターによる画像生成では、4K解像度以上の高解像度画像では困難**になる。4K解像度以上ではノイズ除去拡散プロセス中に、約800万要素の長さのベクトルを同時に処理する必要がある。この課題は、**現代のビデオ制作に必要な1秒あたり60～120枚の画像を扱うビデオではさらに深刻化**する。
  - ✓ 量子コンピューターを使用すれば、4K画像を生成するために必要な800万個の要素を、わずか23量子ビットで処理できる可能性がある

参考：Quemix「チャネルアテンションを導入した量子ニューラルネットワークによる拡散モデル」（https://www.quemix.com/notes011）
*ゲート（gate-based） = 量子ビットに対して順に演算を適用することで計算を行う方式。通常のコンピュータにおける論理回路に近い考え方で、幅広い問題に対応可能。

WEBサイトにて、その他の事例も公開しています。ぜひご覧ください。
https://www.quantum-computing-use-cases.nedo.go.jp

他の事例を見る

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
AI・ロボット部（e-mail：quantum_ai@ml.nedo.go.jp）

本ユースケース集は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）の委託業務「量子・古典ハイブリッド技術のサイバー・フィジカル開発事業／量子技術に関するユースケース事例調査」および「ポスト５Ｇ情報通信システム基盤強化研究開発事業（量子産業化）／量子コンピュータの産業化促進に向けた包括的調査」の成果として、得られたものです。