量子コンピューティング ユースケース集

量子強化学習を用いたロボットアーム制御の向上

NTTデータ



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）

NTTデータ：量子強化学習を用いたロボットアーム制御の向上【2022/11】 1／3

検証

産業領域	その他
手法	AI
プロセス	モデル学習
技術分類	ゲート*

取組の背景

- ロボットアームの動作を制御する興味深い手法の一つとして強化学習が登場したが、**探索戦略と学習速度の遅さの2点が原因で多様な制御機能の学習を世界で応用できる水準には達していない**
- **ロボットの自律的な動作実現**に向けて、低コストのセンサーによるソフトウェアベースのより多くの制御ソリューションが追及されてきた
- **ロボットの制御に学習ベースの技術を活用すること**で、**ロボットがより構造化レベルの低い環境に進出し、未知のオブジェクトを処理し、複数のタスクに適した状態**を実現することで**ヒトによるピッカーに代わり、様々なサイズと形状の物品を選択**できるようになることが期待されている

解決したい課題・モチベーション

- 深層学習（DL）と強化学習*（RL）を組み合わせた**深層強化学習（DRL）が有望な手法**として注目されているが、深層強化学習は計算集約的であるため**実世界での実用化に向けて量子コンピューターの計算リソースと汎化能力が期待されている**
  - ✓ **汎化能力とはソース環境から得られた以前の知識を活用して、ターゲット環境で優れたパフォーマンスを達成する能力、および柔軟で長期的な自律性への適用性**を指し、ヒトと同様に行動する人工知能を生み出すために必要なステップであるとと考えられている

強化学習 *：コンピューター エージェントが動的環境と、繰り返し試行錯誤のやりとりを重ねることによってタスクを実行できるようにする手法

参考：NTTデータ「ロボットアーム制御のための量子計算による強化学習の向上」（https://www.nttdata.com/jp/ja/trends/data-insight/2023/031601/）
*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。

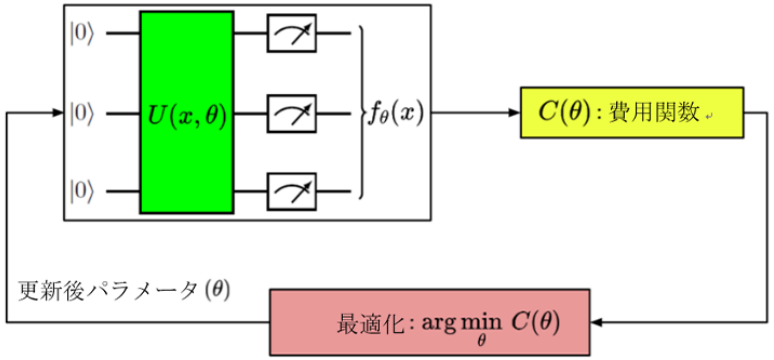
NTTデータ：量子強化学習を用いたロボットアーム制御の向上【2022/11】 2／3

検証

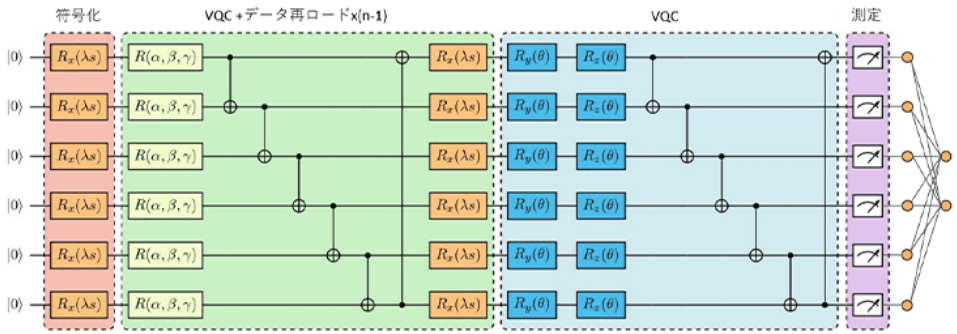
産業領域：その他
手法：AI
プロセス：モデル学習
技術分類：ゲート*

量子コンピューターとしての問題設定

- **ロボットアーム制御の向上における量子コンピューターの活用方法は、変分量子アルゴリズムである。**
  - ✓ 変分量子アルゴリズムとは，量子回路の出力を適宜モニタしながら，古典コンピューターによってその構成を逐次調整し，目的のタスクを実行できる量子回路を作り出すアルゴリズムを指す
- 本取組では**連続制御のための最先端の強化学習手法の1つであるソフトアクター・クリティック（SAC）に変分量子アルゴリズムを適用した**
- 量子回路のデジタルシミュレーションを用いて検証を実施した



変分量子アルゴリズム



SACの量子・古典ハイブリッド型
アクターコンポーネントアーキテクチャ

参考：NTTデータ「ロボットアーム制御のための量子計算による強化学習の向上」（https://www.nttdata.com/jp/ja/trends/data-insight/2023/031601/）、電子情報通信学会「変分量子アルゴリズムと量子機械学習」（https://app.journal.ieice.org/trial/104_11/k104_11_1166/index.html）
*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。

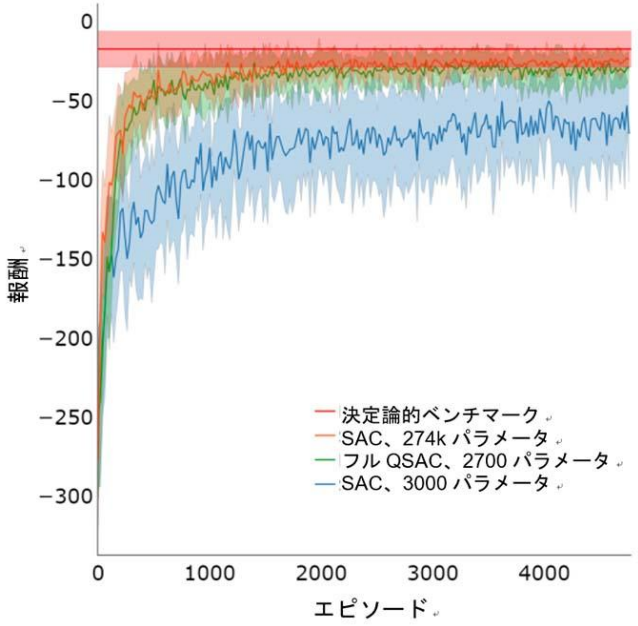
NTTデータ：量子強化学習を用いたロボットアーム制御の向上【2022/11】 3／3

検証

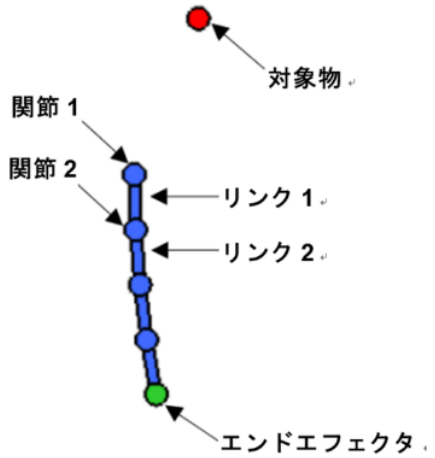
産業領域	その他
手法	AI
プロセス	モデル学習
技術分類	ゲート*

期待されるビジネス効果

- 数値シミュレーションを通じて、ベンチマークのロボット制御タスクにおいて**アクター・クリティック量子方策は、同様のアーキテクチャの古典モデルよりも、優れたパフォーマンスを持つことを示し、学習可能なパラメータ数に、明らかな量子優位性が見られた**
- ただし、上記はあくまでも試験環境内での検証となっている



ロボットアーム環境で試験した、古典および量子・古典SACアーキテクチャの学習曲線



試験対象とした仮想二次元四関節ロボットアーム

参考：NTTデータ「ロボットアーム制御のための量子計算による強化学習の向上」（https://www.nttdata.com/jp/ja/trends/data-insight/2023/031601/）
*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。