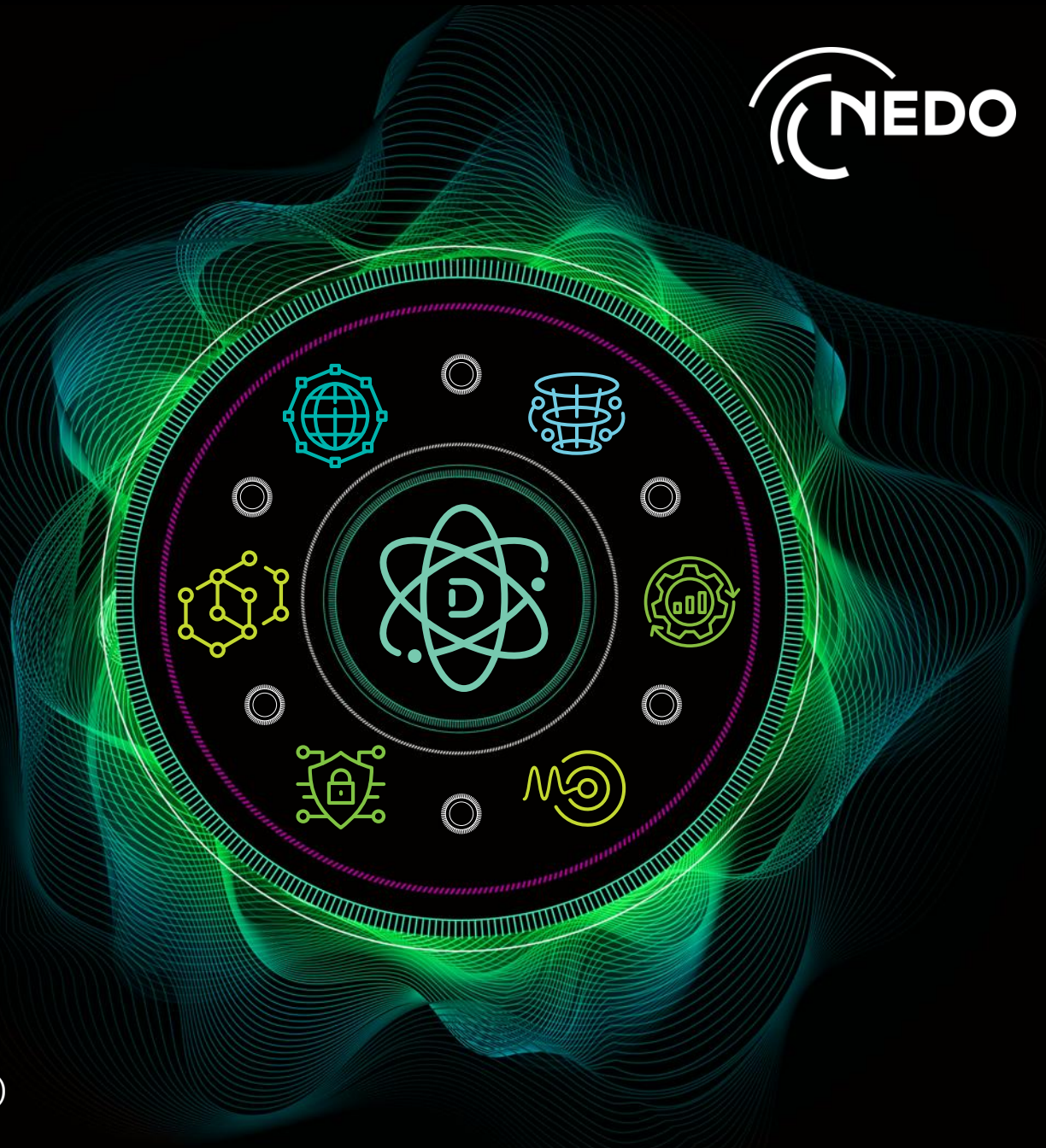
量子コンピューティング ユースケース集

量子位相推定を用いた固有振動数解析による共振の防止

Qunasys



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）

Qunasys：量子位相推定を用いた固有振動数解析による共振の防止【2023/07】 1／2

検証

産業領域	その他
手法	シミュレーション
アプリ分類	CAE（構造解析）
技術分類	ゲート*

取組の背景

- QunaSysは**CAE分野での量子コンピューターの応用の検討**をしており、量子コンピューターのパラダイムであるNISQ時代とFTQC時代の２つの段階において、主に技術的な観点から、量子コンピューターの応用可能性、そのインパクト、古典計算との比較を議論している。CAEの勉強会を開催し、JX石油開発株式会社、村田製作所らが参加し、**量子コンピューターの特性を踏まえた活用の方向について示唆を集めている**
- **量子位相推定アルゴリズム***は量子化学をはじめ多くの応用において指数的な量子加速のもとになっている
- 構造体の固有振動数解析は、**共振による破壊や騒音を防ぐために産業上重要**
  - ✓ 固有振動数解析とは、入力される荷重の周波数と構造側の固有振動数が一致することで共振が発生し、不快な振動や騒音、破損などを防ぐ為の解析

量子位相推定アルゴリズム*：ユニタリ演算の固有ベクトルが与えられたときに、それに付随する固有値を推定する方法

解決したい課題・モチベーション

- 量子位相推定では固有値問題が解けるため、量子化学に応用されているか、**他に量子コンピューターが指数的に速く解ける固有値問題が見つかれば有望ユースケースが広がる**
- 本取組では新たな取組先として**固有振動数解析への応用**を検討している

参考：Qunasys「量子位相推定アルゴリズムを用いた量子コンピューターによる固有振動数解析」（https://unit.aist.go.jp/g-quat/ja/events/img/CAE_20240509-10/20240510_10_Kanno.pdf）
*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。

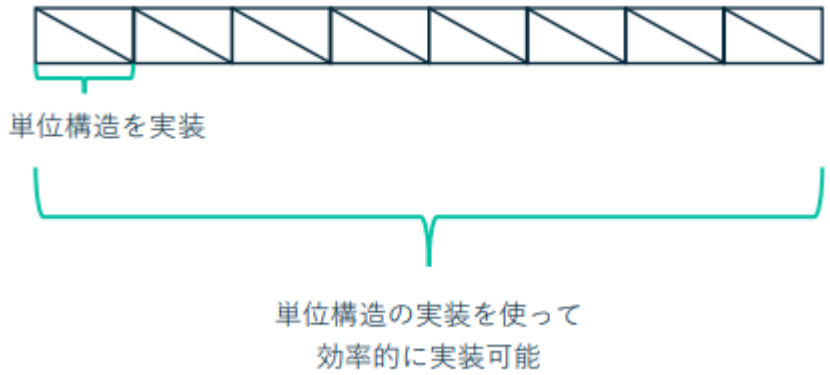
Qunasys：量子位相推定を用いた固有振動数解析による共振の防止【2023/07】 2／2

検証

産業領域	その他
手法	シミュレーション
アプリ分類	CAE（構造解析）
技術分類	ゲート*

量子コンピューターとしての問題設定

- 本取組は量子位相推定アルゴリズムの新たな応用として、**固有振動数解析を提案するのが目的**
- 1次元につながれた、ばねでつながったN個の質点についてLV1（ばね定数が一定）、LV2（2種類のばね定数）について計算を実施
  - ✓ 入力を古典コンピューターで粗い計算を行って準備した上で、1次元系について、ゲートレベルでの量子位相推定の実装を行った
  - ✓ 繰り返しがある系についての効率的な実装の提案も行った
- 利用したHWは明記されていないが、QunaSysはゲート方式の量子コンピューターに取り組んでいるため、ゲート方式の量子コンピューターが対象と推定



本取組が適用できる繰り返しがある系

期待されるビジネス効果

- 1次元でにつながれた、ばねでつながったN個の質点についてLV1（ばね定数が一定）、LV2（2種類のばね定数）について計算を実施した
- 1次元系について、ゲートレベルでの量子位相推定の実装を行い、**計算全体を通しての指数加速が示された**
  - ✓ 固有振動数解析には、Qubitization*を活用し、量子回路全体で、質点数 N に対してゲート数は O (log N) （古典コンピューターではO (N) ）を達成した

Qubitization *：過去の手法と比較して少ないリソースでハミルトニアンを量子位相推定可能なかたちに変換する手法

2^n	code distance	# of physical qubits	runtime
2^{32}	25	$\sim 5.2 \times 10^5$	~ 23 min.
2^{64}	25	$\sim 8.5 \times 10^5$	~ 45 min.
2^{128}	27	$\sim 17.5 \times 10^5$	~ 90 min.

LV2におけるn数と推定計算時間



強風による共振により
崩壊したタコマ橋（1940年）

参考：Qunasys「量子位相推定アルゴリズムを用いた量子コンピューターによる固有振動数解析」（https://unit.aist.go.jp/g-quat/ja/events/img/CAE_20240509-10/20240510_10_Kanno.pdf）、qmedia「"研究室発ベンチャー"の強みとは？「量子コンピューター」「量子アニーリング」に取り組む2社が見据える、社会実装への道のり」（https://www.qmedia.jp/qunasys-jij-interview/）
*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。