量子コンピューティング ユースケース集

航空貨物の配置最適化

Airbus



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）

Airbus：航空貨物の配置最適化 【2022/8】 1／2

検証

産業領域	製造・組立、交通
プロセス / 手段	調達 / モノの移動_空運
手法	組み合わせ最適化
技術分類	ゲート*

取組の背景

- 世界の航空貨物市場は、2042年までに現在より50%成長するとAirbusは予測しており、顕在化しているサプライチェーンの危機はさらに深刻化すると想定
- 航空会社は効率的輸送、収益最大化、消費燃料の低減に向けて、**航空機のペイロード（有償荷重）能力を最大限に活用し、運用コスト (燃料燃焼) の削減に向けてパフォーマンスに影響を与えるパラメータの最適化を訴求**している
- ただし、最適化は遵守する必要のある航空機の運用範囲によって制限される
  - ✓ **最も重要な制限は、特定のミッションにおける航空機の最大積載量、搭載された航空機の重心位置、およびその機体のせん断限界**、である
- 航空貨物の安全な積み込み、輸送などを管轄するロードマスターには、燃料燃焼、全体的な運用コストの削減、及び負荷 (ロードシート)を正確に計画し、すべての運用および安全要件を満たす責務がある
  - ✓ これまでは、最適化業務は手動、あるいは「ドラッグ&ドロップ」アプリケーションが使用されてきたが、パラメータの組合せの複雑さが増大し限定的な使用にとどまっている

解決したい課題・モチベーション

- **指数関数的な組合せ数を持つ積荷配置の最適化問題はＮＰ困難問題（指数関数的に複雑になる問題）に分類され、古典コンピューターでは現実的な時間内で解くことが困難**
- 上記を踏まえ、2022年**Airbusは 12ヶ月の量子貨物配置最適化/量子機械学習プロジェクトにおいてIonQとパートナーシップを締結**し、コスト低減とCO 2 排出量低減に向けた航空機搭載用の量子アプリケーションのプロトタイプの開発を実施した

期待されるビジネス効果

- 実証では**3種類の仮想コンテナを含む運行上の制約条件を満たす積載可能な最大重量を持つ最適な配置を抽出**した
  - ✓ **IonQForte（28量子ビット）を活用し、変分最適化アルゴリズムを25万回反復する**計算を正常に実行
- 本実証は、2023年時点でゲート型量子システムで実行された最大の最適化アルゴリズム

参考: Airbus「AIRBUS QUANTUM COMPUTING CHALLENGE」（https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/2021-10/Airbus-Quantum-Computing-Challenge-PS5.pdf）、MemCoputing Inc「Aircraft Cargo Loading Optimization Case Study」（https://www.memcpu.com/media/2019/04/AirCargo-UseCase-V2.pdf）、IonQ「IonQ, Airbus Sign Agreement to Collaborate on Aircraft Loading Project using Quantum Computing」（https://ionq.com/news/august-18-2022-ionq-2022-airbus）
*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。

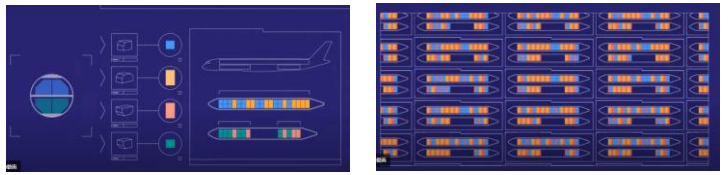
Airbus：航空貨物の配置最適化 【2022/8】 2／2

検証

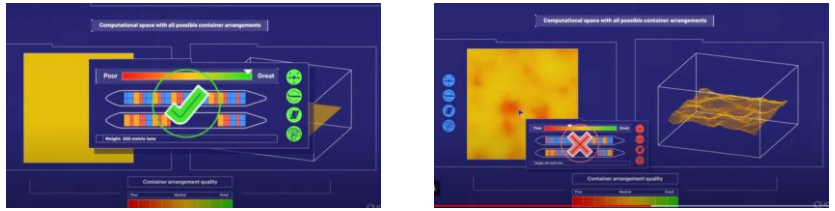
産業領域	製造・組立、交通
プロセス / 手段	調達 / モノの移動_空運
手法	組み合わせ最適化
技術分類	ゲート*

量子コンピューターとしての問題設定

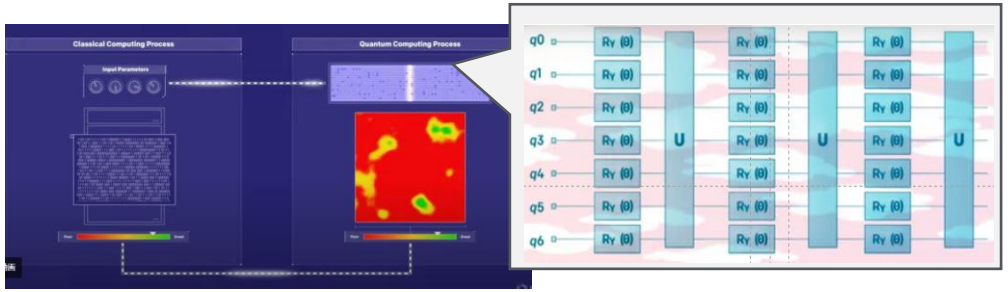
- 複数の種類のコンテナを保持する様々なスロットが存在する**航空機の貨物の最適配置**は制約付き組合せ最適化問題となる
  - ✓ **制約として、貨物積載量、最大貨物質量での重心、航空機のせん断限界、及び仮想コンテナ**を検討
- 量子コンピューターを活用した最適化問題では、コンテナと格納するスロットの全ての組み合わせは、量子ビットの重ね合わせ状態で同時処理が可能
- 量子コンピューター計算により、航空機の運用上の制約に違反することなく最大重量貨物の積載が可能なコンテナの配置を示す量子状態を探索
  - ✓ 変分最適化アルゴリズムにより、制約を満たすコンテナとスロットの組み合わせと、満たさないものを識別
- 上記計算処理は、入出力データの処理を担う古典コンと、最適な配置の振幅を増幅するプロセスを担う**量子コンピューター（ゲート方式のIonQ Forte）**を組み合わせて実行
  - ✓ 古典コンピューターは量子回路に影響する入力パラメータを選択し、量子コンピューターで制約を満たす配置の振幅が増幅され、結果が再度古典コンピューターに送られ、評価される
  - ✓ 上記の一連のプロセスが反復され、最終的に運用可能な配置が最大振幅の状態として抽出される



航空機のスロットへのコンテナ配置（左）と組合せ例（右）



量子コンピューターが抽出した制約を満たすコンテナ配置（左）
と満たさない配置（右）



ハードウェア構成（左）とアルゴリズム（右）
古典コンピューターでの入力処理と量子コンピューターの大規模計算の反復

参考：IonQ「Learn Quantum: Cargo Loading Optimization」（https://ionq.com/resources/learn-quantum-cargo-loading-optimization）
*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。