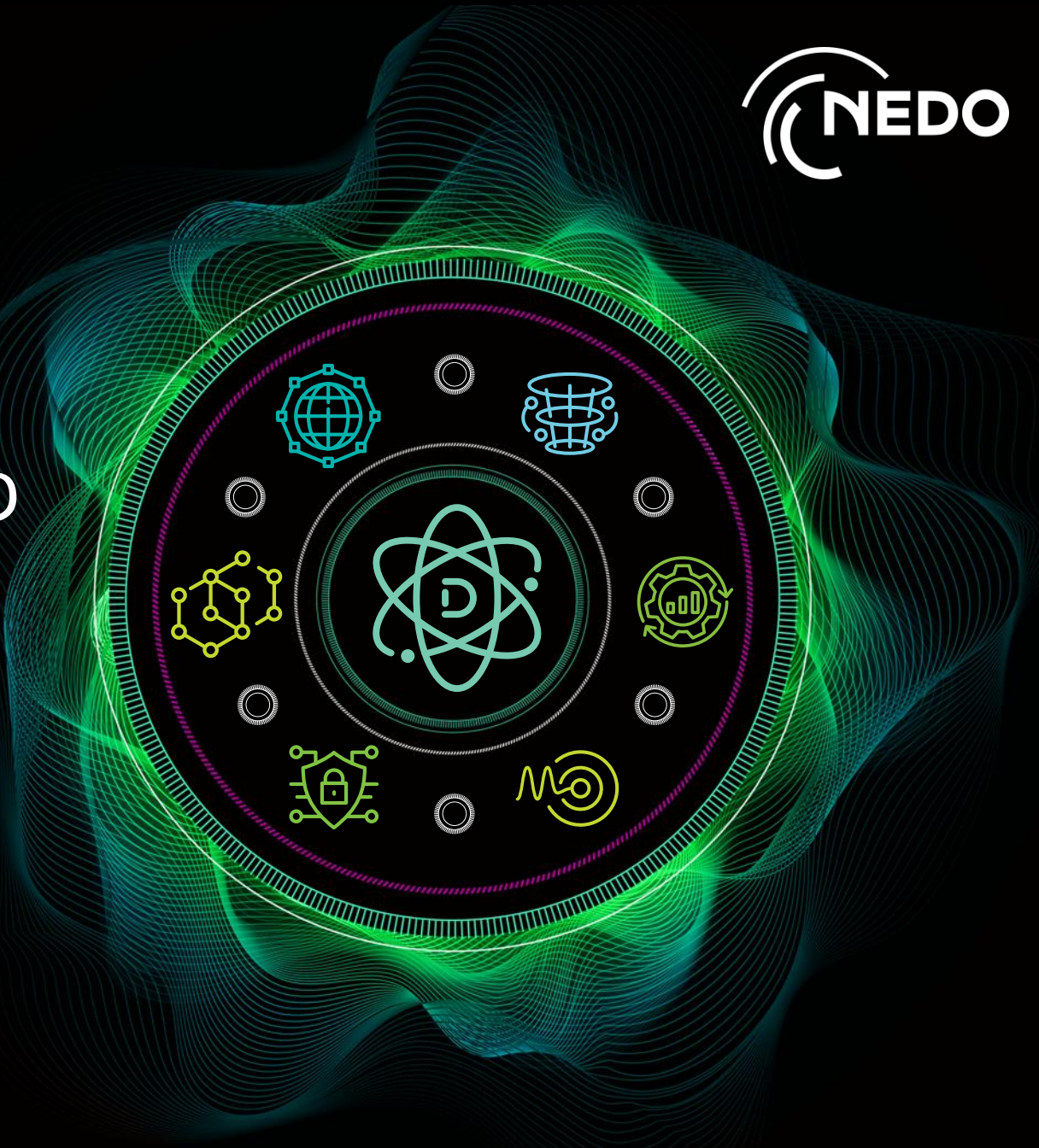
量子コンピューティング ユースケース集

物流現場における人間機械協調作業のためのデジタルツイン量子最適化

東海国立大学機構



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）

東海国立大学機構：物流現場における人間機械協調作業のための デジタルツイン量子最適化 【2026/3】 1／2

検証

産業領域 交通
手段 陸運
手法 組み合わせ最適化
技術分類 イジング*

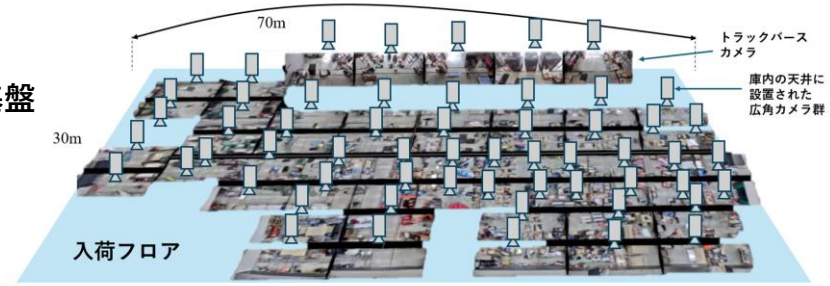
取組の背景

- インターネット通販の普及、多品種少量物流の増加、即日出荷・短納期配送への要求の高まりにより、**物流倉庫における業務量は増大**している
- **国内の物流現場では人手不足が深刻化しており、限られた人員で高い出荷品質と処理能力を維持することが求められている**
- 大規模物流倉庫では、入荷、検品、仮置き、格納、ピッキング、仕分け、出荷といった多数の工程が相互に関連し、作業員、荷物、搬送機器、保管エリア、トラックバース等の状態が時々刻々と変化する
- このような環境では、従来の経験的な運用ルールや、**限定された条件を前提とする数理最適化だけでは、現場全体の効率化を実現することが難しい**
- 多品種を扱う物流倉庫では、荷物の形状、サイズ、重量、入荷頻度、保管位置、作業順序等が多様であり、**事前にすべての荷物や作業をモデル化することは困難**である
- 現場の効率化施策として、エリア配置、人員配置、仮置き場所、搬送経路、作業順序、ロボット導入等を検討する場合、実際の倉庫で直接試行するには**業務停止や作業負荷増大のリスク**がある
- そのため、**実環境の状態をデジタル空間上に再現し、施策を事前に評価できるデジタルツインの構築が重要**である

解決したい課題・モチベーション

- 効率化の基礎データを取得するため、物流倉庫のデジタルツインを構築し天井に60台以上のネットワークカメラを設置してカメラ基盤を構築し、庫内の作業員・荷物の状況を把握する枠組みを実現した[1]
- デジタルツインの構築には、複数カメラをまたぐ物体認識・追跡が必要であり、AI学習用アノテーション作成、マルチカメラトラッキング、人物同定などの技術開発を通じて精度向上を行った[2][3][4]
- 本事業では、**量子技術とAIを組み合わせた量子・AIハイブリッド技術により、従来技術では解決が難しい規模や複雑さを持つ物流倉庫の業務課題に対するユースケース創出**を目指した
- 現場の実データに基づくデジタルツインと量子・古典ハイブリッド最適化を接続することで、理論検証にとどまらない実用的な最適化アプリケーションの開発・実証を目指した

右図：構築したカメラ基盤



参考：国立研究開発法人 新エネルギー・産業総合開発機構 AI・ロボット部：「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」（https://www.nedo.go.jp/content/800030349.pdf）
[1] N. Kawaguchi, et.al, “Digitization Methods for a Logistics Warehouse Towards Digital Twin-Driven Optimization, IEEE Smartcomp2025.
[2] K. Higashiura, el.al, “Semi-Automated Framework for Digitalizing Multi-Product Warehouses with Large Scale Camera Arrays”, PerCom2024.
[3] Y. Mori, el. al, “Multi-Camera Worker Tracking in Logistics Warehouse Considering Wide-Angle Distortion”, arXiv:2510.19432(2025).
[4] K. Kano, el.al. “CorVS: Person Identification via Video Trajectory–Sensor Correspondence in a Real-World Warehouse”, IPIN2025.
*イジング = 主に量子アニーラやイジングモデル専用シミュレータを想定し、問題をイジングモデルで表現してから計算を行う方式。特に、膨大な選択肢の中から最適な組合せを探す問題と親和性が高い。

東海国立大学機構：物流現場における人間機械協調作業のための デジタルツイン量子最適化 【2026/3】 2／2

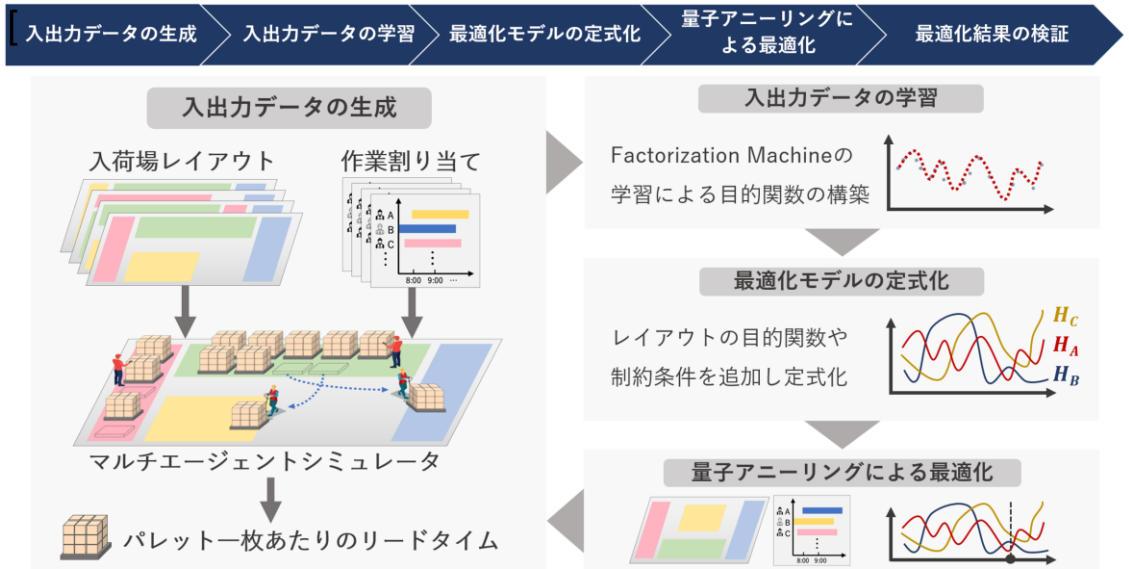
検証

産業領域 交通
手段 陸運
手法 組み合わせ最適化
技術分類 イジング*

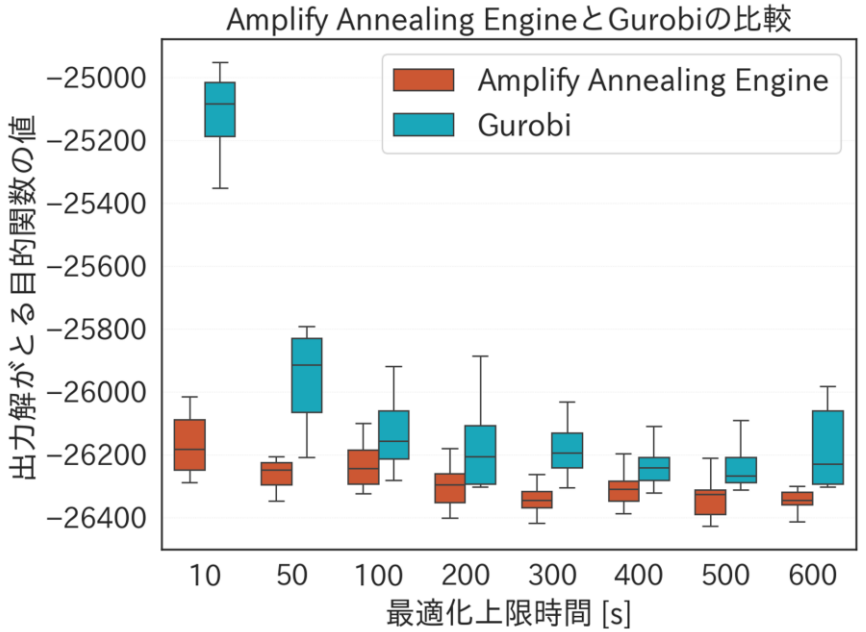
量子コンピューターとしての問題設定

物流倉庫の入荷場では、検品・仕分・搬送・格納といった作業の担当シフトやレイアウトを定めるが、これらを同時に最適化する必要がある。本研究開発では、以下に示す**ブラックボックス最適化**を実施した。さらに、**古典最適化エンジンである Gurobiと比較して、疑似量子アニーリングの有効性を確認した**[5]

- 倉庫レイアウト・シフトのためのブラックボックス最適化



- 疑似量子アニーリングと古典最適化(Gurobi)の比較



期待されるビジネス効果

ブラックボックス最適化手法の結果、**作業員のシフト・タスク割当最適化では、ベースラインに対して平均処理時間を約23.5％削減し、合計労働時間を約15.2％削減する解を得た。また、入荷場レイアウトとシフト・タスク割当を同時に最適化することで、平均処理時間を約21.4～26.5％短縮し、合計労働時間を約8.7～21.7％削減できることを確認した**

参考：[5] 4 K. Takaki, el.al. “Joint Black-Box Optimization of Warehouse Layout and Worker Assignment Using Quantum Annealing and Factorization Machines”, IEEE SMC2025.
*イジング = 主に量子アニーラやイジングモデル専用シミュレータを想定し、問題をイジングモデルで表現してから計算を行う方式。特に、膨大な選択肢の中から最適な組合せを探す問題と親和性が高い。

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。