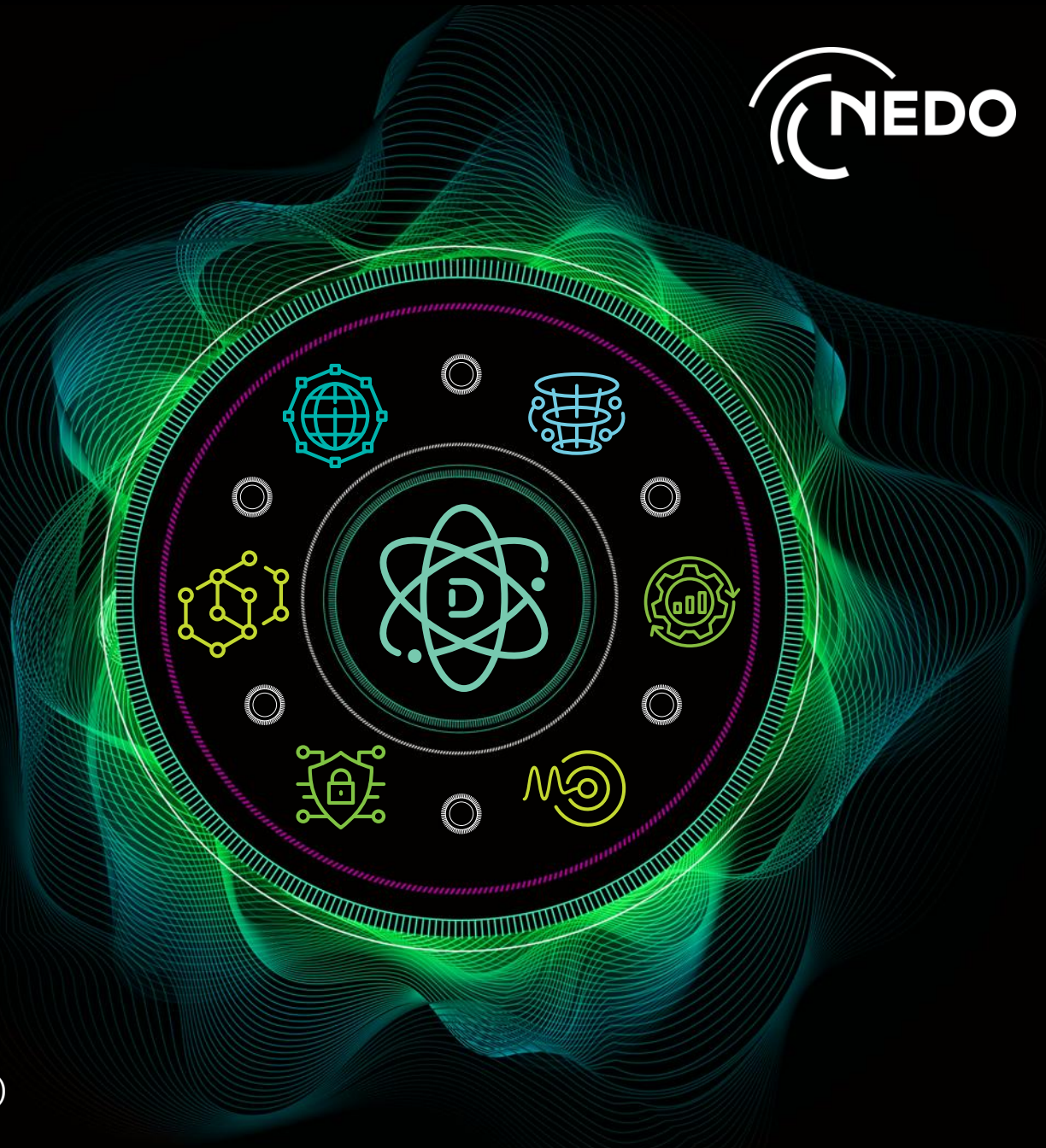
量子コンピューティング ユースケース集

工場での無人搬送車（AGV）の稼働率向上

デンソー・東北大学



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）

デンソー・東北大学：工場での無人搬送車（AGV）の稼働率向上【2019/11】 1／3

検証

産業領域	製造・組立
プロセス	出荷・販売
手法	組み合わせ最適化
技術分類	イジング*

取組の背景

- **製造業にとって、工場内の生産性向上は至上命題であり、アウトプット（量・質）やコストが企業の業績に直結する**
- 今後は**スマートファクトリーの進展により、工場内の設備とIoTが相互接続され、機器/生産ライン内や工場全体、ひいては工場外含めたサプライチェーン全体の稼働状況をリアルタイムで可視化し、プロセス全般を管理/制御していくことが重要**である
  - ✓ 工場では製造ラインごとに数分から数十分にわたる「チョコ停」という生産停止が日常的によく発生し、その生産停止が発生してから、作業員が手動で時間をかけて、生産の切替判断/作業を実施している
  - ✓ 切替判断には、部品や材料の組み立て順序、納期に対する前後タスクやマイルストーンなど、さまざまなパラメータを組み合わせて考慮する必要があるが、古典コンピューターでは問題規模が多すぎて、これらを瞬時に最適化することが困難
- 計算処理に時間がかかることで、**在庫/製品の流れが滞り生産ラインの効率が低下し、経済的な損失が非常に大きくなる**と予想される。具体的には、需要予測が困難である場合や急な生産計画の変更を要する場合、アドホックに生産プロセスの最適化処理を実施しなければ、中間在庫が増加しやすくなり、それがコストの増加を招くおそれもある

解決したい課題・モチベーション

- **工場内の生産効率向上に向けて、無人搬送車（以下、AGV）の活用が注目されている。**AGVは、工場や倉庫内で部品/物品を自動的に運搬するための自動化された車両であり、**人手不足等の課題を解決する重要な手段**である
  - ✓ AGVは、各工程間のプロセスの効率化に資するものであり、**工場内全体の生産性向上に大きく寄与する**
- 一方で、AGVは通常、事前に設定された経路やルールに基づく単純走行であるため、**複数のAGVが同じ経路を走行しようとして渋滞が発生**し、その結果、**AGVの稼働率が低下する**ことがある
- 無人搬送車（AGV）を管理・制御し、渋滞を防ぐためには、同時に走行する複数のAGVの動きを調整する必要がある。したがって、AGVをリアルタイムで統合制御し、**最適な経路を選択する組合せ最適化の有効性を検証することが重要**である
- そこで、デンソー社×東北大学では、量子コンピューターを活用したAGVの稼働率向上に向けた実証を実施した

参考：日経BP「デンソーが工場のAGVの経路最適化　稼働率が80％から95％へ」（https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01755/00011/）、ビジネス＋IT「デンソーが世界最大級の量子コンピューター国際会議で喝采を浴びた理由」（https://www.sbbit.jp/article/cont1/35565）、東北大学「東北大学とデンソー、量子アニーリングマシンを活用した工場内の無人搬送車の効率的配送技術を発表」（https://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressimg/tohokuuniv-press20191125_01web_Com.pdf）
*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。

デンソー・東北大学：工場での無人搬送車（AGV）の稼働率向上【2019/11】　2／3

検証

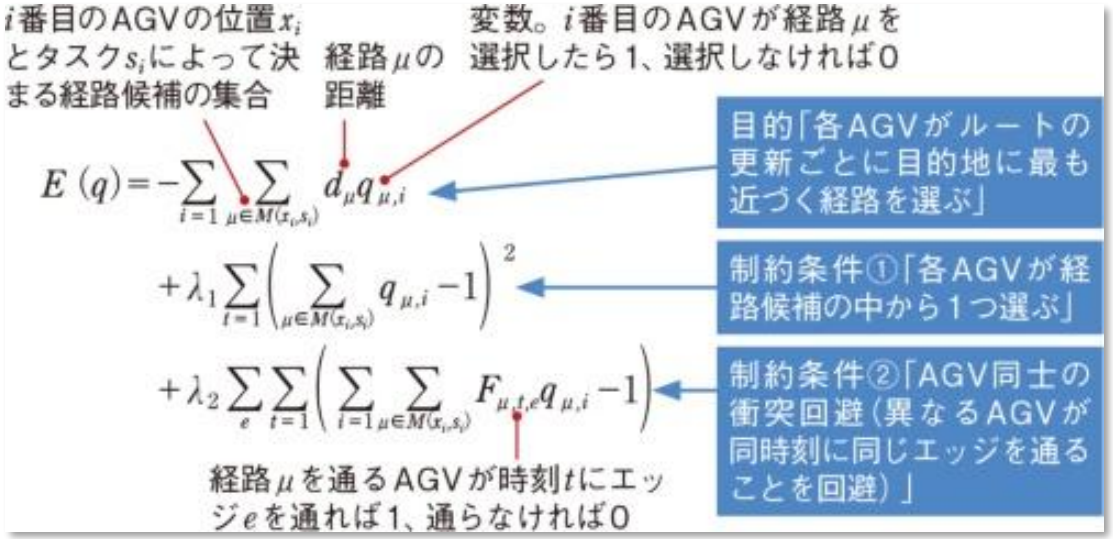
産業領域	製造・組立
プロセス	出荷・販売
手法	組み合わせ最適化
技術分類	イジング*

量子コンピューターとしての問題設定

■ 本実証では、（工場内全体の生産プロセス最適化ではなく）**無人搬送車（AGV）の管理・制御に焦点当て、組合せ最適化の手段として、D-Wave社の"量子アニーリングマシン"を活用**し、AGVシミュレータを使用

量子コンピューターとしての問題設定（詳細）

問題設定	• 工場での無人搬送車（AGV、Automated Guided Vehicle）の稼働率向上
量子コンピューターハードウェア	• D-wave2000Q（2000量子ビット）
実装	• 以下の最適化を毎時刻実施し、AGVの計画をアップデート
目的関数	• AGVの停止時間をできるだけ減らす（＝稼働率を向上）
制約	• AGV同士がぶつからないこと
変数	• 各AGV（10台から1万台で実施）の速度（停止、1歩進む、2歩進むの3通りから選択）→組み合わせ数は3のN乗　N:AGV台数



参考：日経BP「デンソーが工場のAGVの経路最適化　稼働率が80％から95％へ」（https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01755/00011/）、ビジネス＋IT「デンソーが世界最大級の量子コンピューター国際会議で喝采を浴びた理由」（https://www.sbbit.jp/article/cont1/35565）、東北大学「東北大学とデンソー、量子アニーリングマシンを活用した工場内の無人搬送車の効率的配送技術を発表」（https://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressimg/tohokuuniv-press20191125_01web_Com.pdf）
*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。

デンソー・東北大学：工場での無人搬送車（AGV）の稼働率向上【2019/11】　3／3

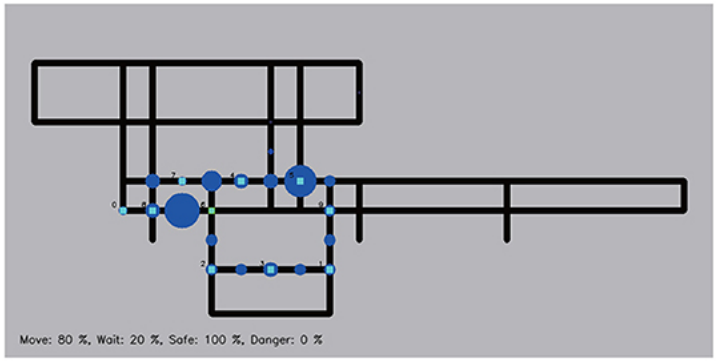
検証

産業領域	製造・組立
プロセス	出荷・販売
手法	組み合わせ最適化
技術分類	イジング*

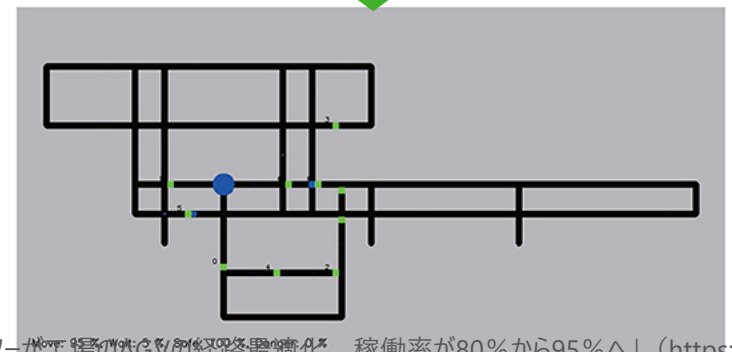
期待されるビジネス効果

- AGVシミュレータを活用した効果測定を実証。青丸の大きさはAGVがその地点で止まった回数を表す。つまり**青丸が少なく、小さいほど稼働率が高い**
- AGVの**稼働率を80%から95%へ向上**。ただし、最適化なし状態(80%)と量子最適化(95%)の比較であることに留意

既存のルールに従って動いた場合

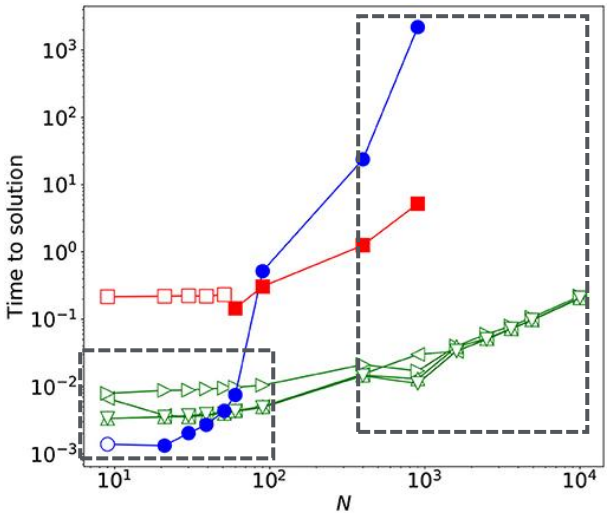


最適化した場合



古典コンピューターとの比較結果

（99%の確率で最適解を導出するための計算時間で比較）



N：AGV台数
N＝60以上ではD-Wave単独では動作しないため、ハイブリッド計算となり、そのためのオーバーヘッドで劇的に速度が低下

○：D-Wave
□：Digital Annealer
△：Gurobi（3通りのオプションで実施）
塗りつぶし有りは99%の確率で最適解を導出するための時間、
塗りつぶし無しは完全解が出るまでにかかった時間

参考：日経BP「デンソーが工場のAGVの経路最適化　稼働率が80％から95％へ」（https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01755/00011/）、ビジネス＋IT「デンソーが世界最大級の量子コンピューター国際会議で喝采を浴びた理由」（https://www.sbbit.jp/article/cont1/35565）、東北大学「東北大学とデンソー、量子アニーリングマシンを活用した工場内の無人搬送車の効率的配送技術を発表」（https://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressimg/tohokuuniv-press20191125_01web_Com.pdf）
*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。