量子コンピューティング ユースケース集

交通流最適化（渋滞解消）

Volkswagen



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）

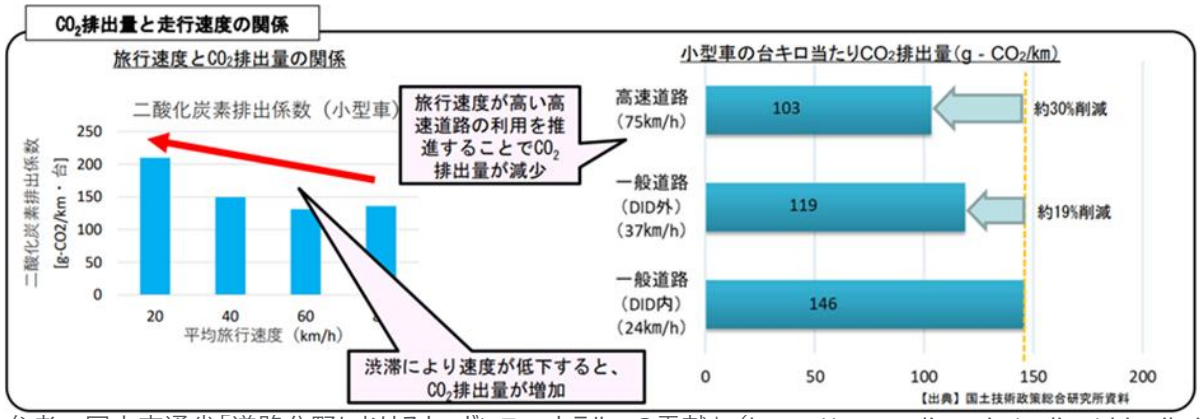
Volkswagen：交通流最適化（渋滞解消）　【2019/11】　1 ／ 4

検証

産業領域	交通
手段	ヒトの移動_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

- **走行車両密度の高い都市部における交通渋滞**は、利用者の移動時間の長時間化による経済損失だけでなく、**NOX（窒素酸化物）などの大気汚染物質や二酸化炭素の排出による地球温暖化の要因の1つとなっている**
  - ✓ 渋滞による速度低下と走行時間の長時間化によりCO2排出量が増加する
- **“交通渋滞が顕在化する**前に回避する“手段・技術を開発することで、**低速度走行による排気ガス排出量の削減やアイドリングなど無駄な燃料消費の削減が可能となる**
  - ✓ 環境問題の解決だけでなく、車両利用者の走行時間短縮による利便性向上も達成することが重要



参考：国土交通省「道路分野におけるカーボンニュートラルへの貢献」（https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001470072.pdf）、D-WAVE「フォルクスワーゲンは交通最適化研究に実量子コンピューターをどのように使用しているか」（https://dwavejapan.com/app/uploads/2019/12/Final_Dwave_VW_Case_Study_2019_11_13.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。

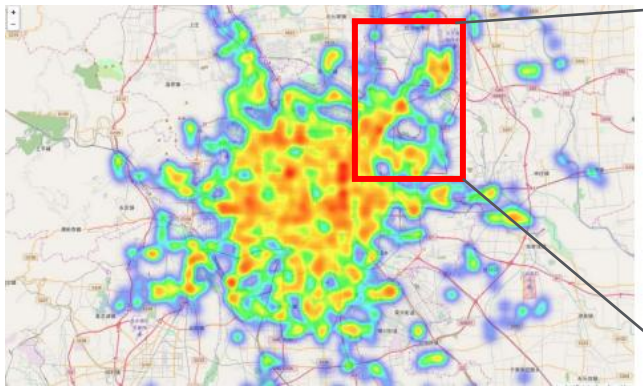
Volkswagen：交通流最適化（渋滞解消）　【2019/11】　2 ／ 4

検証

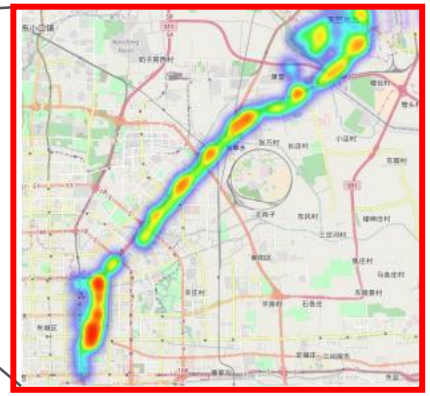
産業領域	交通
手段	ヒトの移動_陸運
手法	組み合わせ最適化
技術分類	イジング*

解決したい課題・モチベーション

- **都市部の渋滞解消必要な交通流最適化**を解くためには、数百万台の車両と数十億通りのルートと目的地などを考慮したルート最適化問題を解く必要がある
  - ✓ 特に、2 地点間を結ぶ複数台の車両を扱う場合、全車両は 2 地点間を結ぶ同一（最短）ルートを取る傾向があるため、渋滞が発生する
- よって、渋滞解消には同時走行する複数車両の走行ルートを制御する必要があり、そのためにはリアルタイムに収集した位置データから混雑していないルートを含む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となる
  - ✓ 一方で、膨大なパラメータを組み合わせた計算は古典コンピューターでは困難となる
- そこで、Volkswagen社は、量子コンピューターを活用した稼働率向上に向けた実証を実施した



交通渋滞の激しい大都市（例: 北京）（赤は高い車両密度）



2地点間（北京市内と北京国際空港間）ルートの渋滞

参考：D-WAVE「フォルクスワーゲンは交通最適化研究に実量子コンピューターをどのように使用しているか」（https://dwavejapan.com/app/uploads/2019/12/Final_Dwave_VW_Case_Study_2019_11_13.pdf）、VOLKSWAGEN「Quantum Computing at Volkswagen: Traffic Flow Optimization using the D-Wave Quantum Annealer」（https://www.dwavesys.com/media/erzjluvs/qubits-day-2-morning-5-vw.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。

Volkswagen：交通流最適化（渋滞解消） 【2019/11】 3／4

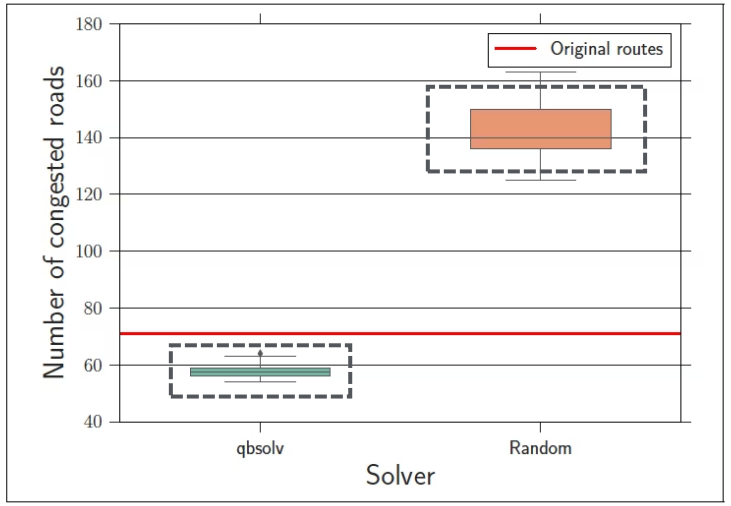
検証

産業領域	交通
手段	ヒトの移動_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

- 本実証では、世界で最も混雑する中国北京市における（都市全体の渋滞緩和ではなく）市内と北京国際空港を結ぶタクシーの交通流最適化に焦点を当て、**走行車両からの移動データを収集し渋滞解消に向けた最適化ルートを導出**
- マシンは、**D-Wave社の“量子アニーリングマシン”を活用**した

問題設定	• 混雑する北京市中心部と北京空港を結ぶタクシーによる交通渋滞の解消（＝経路の分散による交通流最適化）
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	• 以下の最適化計算を50回実行しタクシーの経路をアップデート
目的関数	• 最適化対象の418台のタクシーの経路の重複を可能な限り低減（経路が長くなることは許容する）
制約	• 各タクシーが必ず一つの経路を選択
変数	• **タクシー418台×3通りの経路候補＝1,254変数** • （量子ビット間に制限があるD-Waveマシンで解決可能な論理変数を越えているため、古典/量子コンピューターのハイブリッドツールで計算）**→組み合わせ数は3の418乗通り**



Solver：
qbsolvは量子コンピューターによるアルゴリズム、Randomはタクシーへのランダムなルートの割り当てに該当
Number of congested roads：渋滞している道路数

参考：D-WAVEフォルクスワーゲンは交通最適化研究に量子コンピューターをどのように使用しているか」（https://dwavejapan.com/app/uploads/2019/12/Final_Dwave_VW_Case_Study_2019_11_13.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。

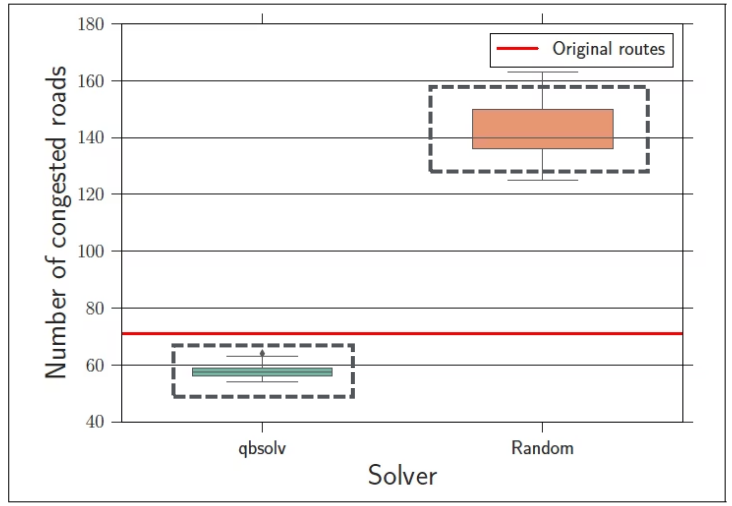
Volkswagen：交通流最適化（渋滞解消）　【2019/11】　4 ／ 4

検証

産業領域	交通
手段	ヒトの移動_陸運
手法	組み合わせ最適化
技術分類	イジング*

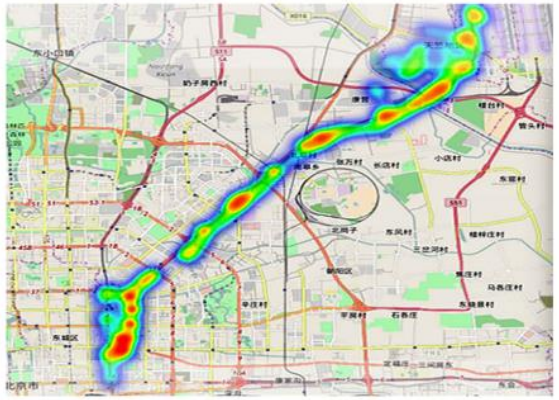
期待されるビジネス効果

- 量子アニーリングマシーン（D-wave2000Q）と経路最適化に特化した古典/量子ハイブリッドアルゴリズムによるタクシーの渋滞緩和の効果をオープンマップを活用し測定
- 北京のタクシー418台のGPSデータ（1～5秒ごとに更新）を活用し、リアルタイムで最適化ルートを計算することで**各車両のルートを分散化し、渋滞を緩和できることを実証**



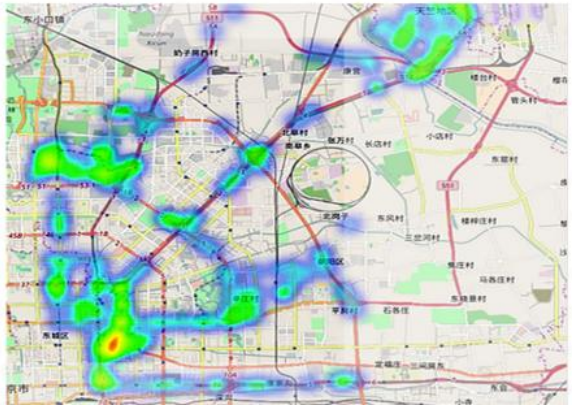
Solver：
qbsolvは量子コンピューターによるアルゴリズム、Randomはタクシーへのランダムなルートの割り当てに該当
Number of congested roads：渋滞している道路数

最適化前：空港への道路の混雑の様子



全てのタクシーが同じルートを採用する場合、タクシーが密集する渋滞道路（地図上の赤いエリア）が多く存在する

最適化後：最適化された交通の流れの様子



量子コンピューターアルゴリズムによりタクシーに代替ルートを割り当てた結果、渋滞エリアが解消された

参考：D-WAVE「フォルクスワーゲンは交通最適化研究に実量子コンピューターをどのように使用しているか」（https://dwavejapan.com/app/uploads/2019/12/Final_Dwave_VW_Case_Study_2019_11_13.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。