

量子コンピュータ× サステナビリティレポート

サステナビリティ領域での量子コンピュータ技術活用



CONTENTS

Chapter 0. はじめに

Chapter 1. 量子コンピュータの概要

Chapter 2. 量子コンピュータトレンド

Chapter 3. 量子コンピュータ×サステナビリティ サービス・取り組み他社事例

Chapter 4. 量子コンピュータ×サステナビリティ NTT DATAの取り組み

Chapter 5. おわりに

※本レポートは2024年12月25日時点で閲覧したWeb情報等を元にNTT DATAが主となって作成しています。
本レポート内の情報を引用する場合、その他お問い合わせについては以下からご連絡ください。

<https://www.nttdata.com/jp/ja/contact-us/>



Chapter 0

はじめに

近年、サステナビリティへの関心・重要性は高まり続けており、サステナブル投資は主流となっています。NTT DATAでも全社・技術革新統括本部ともに様々な取り組みを実施しています。一方で、普段携わっている業務や技術がサステナビリティとどのように結びつくのか、どのように活かしていけるのか、うまくイメージしきれていない方も多いのではないのでしょうか。

本ホワイトペーパーでは、身の回りの技術とサステナビリティとの関連を知ることが目的に、「技術」観点で、テクノロジー×サステナビリティのトレンドや具体事例などを紹介します。10個のテーマを扱う予定であり、今回は「量子コンピュータ」に注目します。

量子コンピュータは、複雑な計算の高速化や新しいアルゴリズムの開発において画期的な成果が期待されています。これにより、「産業と技術革新の基盤を作ろう」や「気候変動に具体的な対策を」など、SDGsの達成にも寄与すると考えられます。一方で、量子コンピュータの利活用には環境負荷の問題も伴います。特に、量子コンピュータ利活用の実現には高度な冷却技術や専用の設備が必要であり、これに伴うエネルギー消費が課題となっています。そのため、エネルギー効率の向上や再生可能エネルギーの利用が重要となります。これらの点も踏まえながら、量子コンピュータの概要やサステナビリティとの関連、事例について見ていきましょう。

Chapter 1

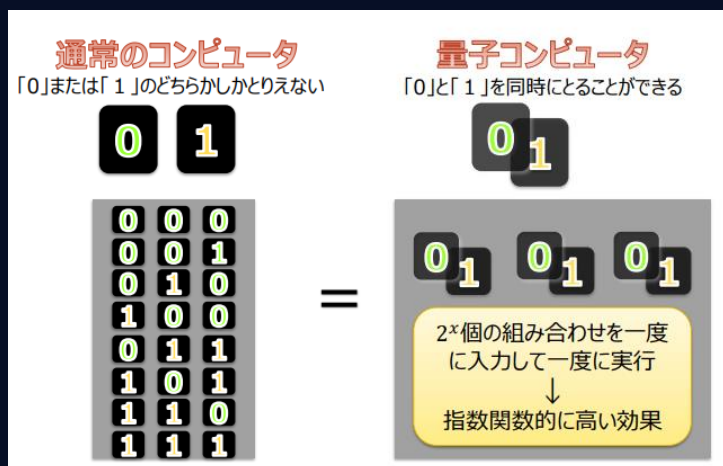
量子コンピュータの概要

革新的な計算力で様々な分野で期待される 量子コンピュータ¹⁾

量子コンピュータとは

量子コンピュータ (Quantum Computer) は、量子力学に基づく「重ね合わせ状態 (Superposition)」や「量子もつれ (Entanglement)」という現象を用いて情報を処理するコンピュータです。従来のコンピュータ (古典コンピュータ^{※1}) は、情報処理において「ビット」を使用し、0か1のいずれかの状態を取ります。一方、量子コンピュータは、「量子ビット (Qubit)」を使用し、0と1の両方の状態を同時に取ることができます。この特性により、従来の回路であれば苦手である複雑な計算の高速化を実現することができます。

このように回路や計算の考え方を根本的に変えることによって、従来の回路が苦手であった様々な用途が開拓されるようになり、計算原理の根幹を大きく変えることができるコンピュータとして期待されています。



[図1-1]従来のコンピュータと量子コンピュータの違い²⁾



※1 通常のコンピュータは「古典物理学 (Classical Physics)」という物理学に基づく考え方を利用しているために量子コンピュータと対比して古典コンピュータと呼ぶことがあります。

量子コンピュータは、現在研究開発が盛んになされているハードウェアであり、その過程で下記のような様々な方式が生まれています(図1-2参照)。

量子ゲート方式

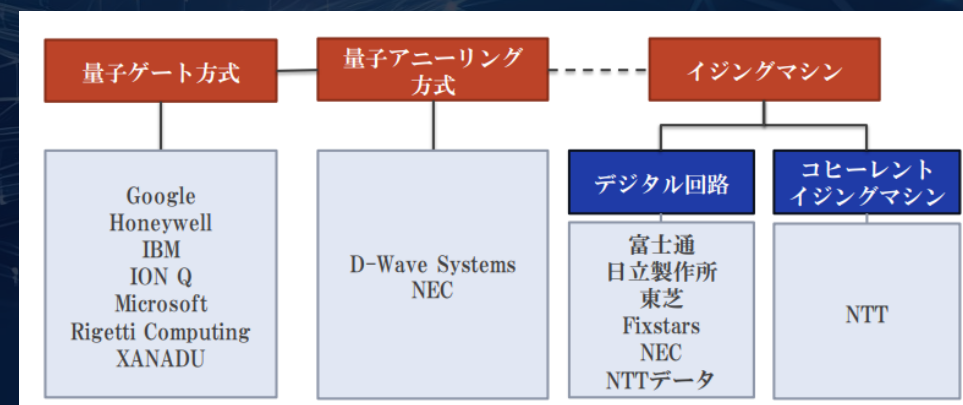
量子ゲート方式は、最も古くから研究されている量子コンピュータの方式です。この方式では、従来のコンピュータと同様にプログラミングを行い、回路素子やゲートを配置して計算を行います。情報は量子ビットで表現され、量子力学の特性を考慮した「量子回路」に基づいています。この方式の特徴は、古典コンピュータよりも理論的に高速なアルゴリズムが存在する点です。これにより、素因数分解やデータ探索など様々な用途への期待がされています。しかし、この方式は柔軟に回路を作成できる一方で、ハードウェアの製造が難しいという課題があり、長期的な基礎研究が必要と考えられています。

量子アニーリング方式

量子アニーリング方式は、「組合せ最適化(Combinatorial Optimization)」と呼ばれる計算に特化したハードウェアです。量子ゲート方式には前述した課題があるのに対し、この方式は特定の用途に限定した場合に回路がシンプルになるため、比較的安定した大規模化が実現できます。組合せ最適化では、計算に非常に長い時間がかかる場合があるという特徴があります。この方式は、その高速化を実現するためのハードウェアの一つとして注目されています。

イジングマシン(QUBO ソルバー、アニーリングマシン)

組合せ最適化には、多数の問題が含まれていますが、その中でも量子アニーリング方式は「Quadratic Unconstrained Binary Optimization(QUBO)」という問題を対象としています。こういった問題を求解対象に設定したハードウェアを「イジングマシン」「QUBO ソルバー」「アニーリングマシン」と呼称することがあります。量子アニーリング方式は、組合せ最適化に特化することで量子ビット数の増加やノイズの低減を実現しました。しかし、実用化には多くの量子ビットが必要であり、製造上の技術課題があります。そのため、直近での実用や将来の発展に向けた段階においては、古典コンピュータに属する既に確立された計算基盤を作り込んだ方が安定して柔軟に大規模化しやすいという考え方もあり、FPGAやGPUで高速化を行うハードウェアが開発されています。



[図1-2]量子コンピュータの様々な方式¹⁾

量子コンピュータとサステナビリティ

ここまでで量子コンピュータの概要を説明してきました。それでは、量子コンピュータとサステナビリティにはどのような関係があるのでしょうか。前述のとおり、量子コンピュータは複雑な計算を高速に行う能力を持ちます。これによりサステナビリティに関係する様々な課題を効果的に解決することが可能です。組み合わせ最適化やシミュレーションへの具体的な活用例をいくつかご紹介します。

- ✓ 電力網の効率的な管理や再生可能エネルギー源の活用方法を最適化するための計算に役立ちます。エネルギー供給の予測、需要の調整、電力の分配を最適化することで、エネルギー使用の無駄を減らすことが可能です。
- ✓ 廃棄物の分類や再利用を効率的に計算することで、リサイクルプロセスの改善を支援します。また、資源の採掘や使用においても、より効率的かつ環境への負担を最小化する方法を模索することができます。
- ✓ 新しい材料や薬品の開発・発見：量子コンピュータによって、従来のコンピュータでは計算量が膨大であるため困難だった分子レベルでのシミュレーションが実現可能です。また、効率的なエネルギー変換や環境負荷の低い化学プロセスを設計することが可能となります。これらの技術により、より効率的で脱炭素に寄与する材料（例えば、高効率の太陽電池材料）の設計や、新たな材料・薬品の発見に貢献することができます。
- ✓ 気候変動の予測と対策：気候変動のモデルをより精密にシミュレートすることができます。量子アルゴリズムにより、気象データの解析や温室効果ガス排出量の削減の最適化が可能となり、効果的な環境政策を提案する手助けになります。例えば、温暖化の影響を早期に予測するためのシミュレーションモデルの作成に貢献します。

これらの例からわかるように、量子コンピュータは、高速計算処理だけではなく、環境への負荷軽減や社会課題への効果的な解決など、より持続可能な未来を作るために多岐にわたる分野で活用されることが期待されています。また、ここに挙げたのは一例であり、他にも機械学習や暗号など様々な分野・用途での活用が期待されています。

Chapter 2

量子コンピュータ トレンド

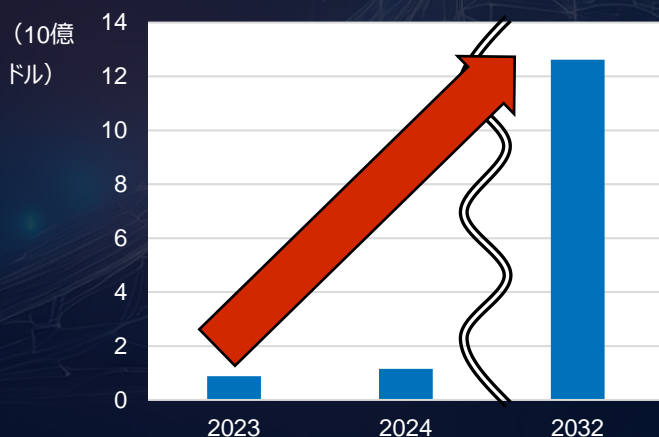
マクロ動向

量子コンピュータ市場は世界では2032年に約126億ドルに達すると予測

Fortune Business Insightsの調査¹⁾によると、世界の量子コンピューティング市場規模は、2023年には8億8,540万ドルに達し、2024年は11億6,010万ドル、2032年までに126億2,070万ドルに成長すると予測されています(図2-1参照)。この調査では、市場を業界別に、ヘルスケア、自動車、BFSI(銀行、金融、保険)、化学、製造、エネルギーおよび公益事業、その他(輸送、物流など)に分類しています(図2-2参照)。トップシェアはBFSI業界で、複雑な財務計算や高速なデータ処理に活用されています。同調査では、今後はヘルスケア業界が大きく成長していくことが予想されています。これは量子コンピュータを通じ、機械学習により疾病の予測や診断精度が向上したり、分子シミュレーションにより新薬の開発が迅速に進むといった、様々な領域への活用が期待されていることが考えられます。また、Report Oceanの調査²⁾によると、日本の量子コンピューティング市場規模においても、2023年の1億9,710万ドルから2032年には28億7,737万ドルに急増すると予想されています(図2-3参照)。

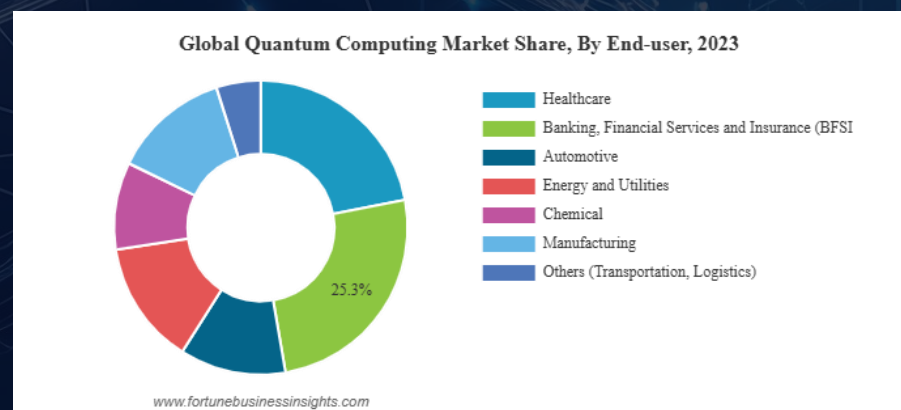
1)量子コンピューティングの市場規模、価値 | 成長分析 [2032]

2)可能性を解き放つ: 日本量子コンピューティング市場は2032年までに29億ドルに急成長する見通し

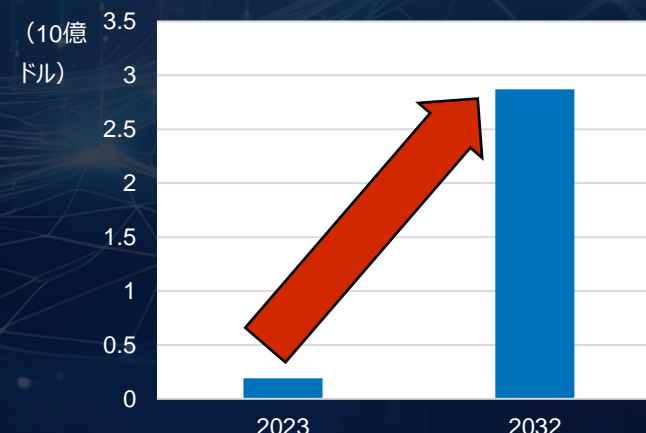


[図2-1]量子コンピュータ市場見通し(世界)

グラフは、Fortune Business Insightsのデータ¹⁾を基にNTT DATA作成



[図2-2]量子コンピュータ世界市場2023 (業界別)¹⁾



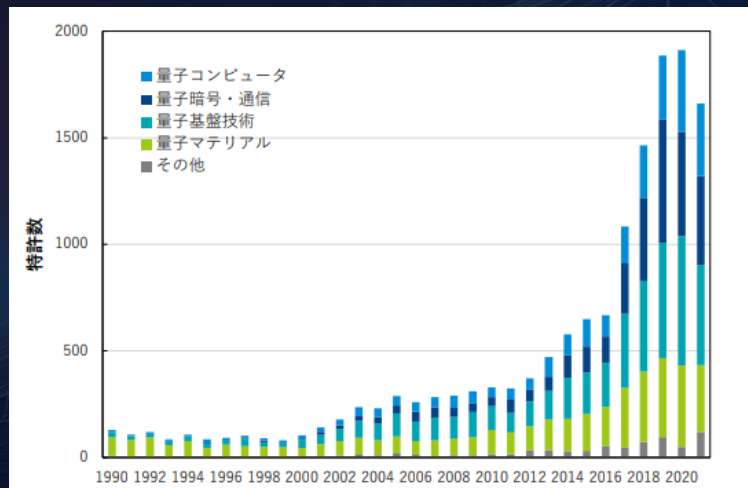
[図2-3]量子コンピュータ市場見通し(日本)

グラフは、Report Oceanのデータ²⁾を基にNTT DATA作成

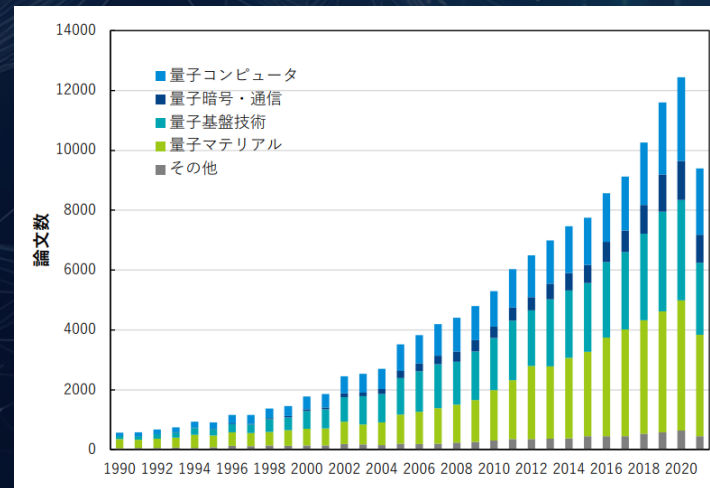
特許出願数や論文発表数は増加、世界中の政府投資も拡大

市場規模以外の観点の一例として、近年、量子力学特有の性質を最大限に活かす「量子技術2.0」とも呼ばれる技術の研究開発が世界中で活発化しており、量子技術の特許出願数や論文発表数が急速に増加しています。科学技術振興機構研究開発戦略センターの調査¹⁾によると、量子技術関連文献の国別件数首位は米国、2位は中国、3位以降はドイツ、日本、英国、フランス、イタリアとなっています。また、量子技術関連特許の国別件数首位は中国、2位は米国、3位以降は日本、韓国、EP（欧州特許庁への出願）、ドイツ、英国、フランスとなっています。量子コンピュータだけみても、2011年～2020年までの10年で特許出願数と論文発表数ともに大きく増加していることがわかります(図2-4、図2-5参照)。このような傾向に伴い、技術革新の加速、企業間の競争の激化、商業化などが進み、量子コンピュータ含めた量子技術の成長につながっています。

また、世界中の政府機関が量子技術に大規模な投資を行っています。海外では、米国や欧州が量子技術の研究開発で先行しており、特に米国は「National Quantum Initiative Act^{※1)}」に基づき、量子技術に多額の予算を投じています。欧州も「Quantum Flagship^{※2)}」プロジェクトを通じて、量子技術の研究開発を推進しています。



[図2-4]量子技術の特許数¹⁾



[図2-5]量子技術の論文発表数¹⁾

※1 National Quantum Initiative Act
米国で2018年12月に成立した、「国家量子イニシアチブ法」。量子情報科学技術分野における研究開発等を加速させる目的。

※2 Quantum Flagship
EUが量子技術分野に投資するプログラム。

日本政府による量子技術イノベーション戦略

このように、世界的に量子コンピュータ市場は拡大しており、様々な取り組みも盛んに行われています。それでは、日本ではどのような取り組みが行われているのでしょうか。

量子技術イノベーションによる取り組み¹⁾

日本は、量子コンピュータを含めた量子技術を「新たな価値創出のコア」と位置付け、2016年から積極的に推進しています。2020年には「量子技術イノベーション戦略」を策定し、量子技術イノベーションの実現に向けて5つの戦略を提示しています。さらに、2022年には「量子未来社会ビジョン」を策定しました。これは、研究のさらにその先、量子技術により目指すべき未来社会ビジョンやその実現に向けた、社会変革に向けた戦略を策定したものです。量子未来社会ビジョンでは、2030年に目指すべき状況として以下の3つが掲げられています。

- ✓ 国内の量子技術の利用者を1,000万人に
- ✓ 量子技術による生産額を50兆円規模に
- ✓ 未来市場を切り拓く量子ユニコーンベンチャー企業を創出

これら3つの目標を実現していくために、2023年には「量子未来産業創出戦略」が策定されました。量子技術の実用化・産業化に向けて、目指すべき方針や重点的・優先的に取り組むべき課題がまとめられています。

これらの取り組みにより、量子技術の研究開発や人材育成、国際連携が強化され、量子技術を活用した新産業の創出が進められています。また、2023年3月には、国産量子コンピュータ初号機である「叡」が理化学研究所で公開・稼働しています。叡を皮切りに、国産機の稼働が相次いでおり、国内企業や研究機関による研究開発も加速しています。

Chapter 3

量子コンピュータ×サステナビリティ

サービス・取り組み他社事例

社会貢献のための量子技術活用を目指したSDQs



【1. 事例概要】

企業名：株式会社QunaSys(キュナシス)

地域：国内・海外(欧州)

【2. 背景・目的】¹⁾

QunaSysは、社会貢献のための量子技術活用を目指し、SDQs(Sustainable Development Goals to which Quantum Technology can Contribute: 量子技術が貢献できる可能性のある持続可能な開発目標)という取り組みを行っています。これまで量子技術の研究開発に注力していましたが、産業界が様々な分野で量子技術に取り組みやすい環境を整え、量子技術を社会のために使うという目的を明確にし、量子技術の発展を加速させています。SDQsの取り組みは国内にとどまらず、例えばスイスのOQIなど、同じ思想を持つ海外のパートナーとの研究活動^{※1}もスタートしています。ここでは、SDQsや量子に関連するQunaSysでの共同研究の事例を2つご紹介します。

※1 OQI、および取り組み内容については下記を参照。
[OQI WhitePaper2024](#)

[1\)QunaSys、社会貢献のための量子技術活用の取り組みを開始 — QunaSys](#)

[2\)材料開発データベースの整備により 社内コミュニケーションを活発化、開発力の向上へ — QunaSys](#)

[3\)QunaSys、日本ゼオン株式会社と化学メーカーとして初の業務・資本提携 — QunaSys](#)

【3. 事例詳細】

(1)日本ゼオン株式会社²⁾

サステナビリティに関する効果：データインフラの強化、開発力向上

【材料開発データベースの整備により 社内コミュニケーションを活発化、開発力の向上へ】

内容：自動車用タイヤなどの合成ゴムや高機能樹脂など世界トップクラスの化学製品を提供してきた日本ゼオンでは、DXの取り組みの要としてデータ基盤の重要性を認識し、QunaSysと協力して材料開発のデータマネジメントシステム(DMS)を構築しました。この取り組みの背景には、長年蓄積していたデータがOSのバージョンアップなどのたびに全て使えなくなってしまい、一貫した取り組みを続けることができず、各現場がそれぞれの考えに基づいて研究を進め、データを扱っているような状況があったためです。DMSの構築によりデータ基盤が整ったとともに、DMSの展開にあたっては、ガイドラインの作成、セミナーの実施を通し、DMSそのものやデータマネジメントの考え方を会社全体へ浸透させています。

効果：DMSの導入により、データの構造化と活用が進み、研究開発の効率が向上しました。また異なる部署がデータを共通言語として話せるようになり、意見や知識のすれ違いが減少し、現場のコミュニケーションが改善され、開発力の向上につながっています。

2022年からQunaSysと日本ゼオンは業務提携し、量子コンピュータ等の先進技術を材料開発に役立て、新しいビジネスモデルを構築する、先進的な研究開発プラットフォーム構築を目指しています。材料シミュレーションにおいては、高精度な電子状態計算が求められる光反応性材料や触媒材料設計等への応用が期待されています。一方、量子コンピュータの価値を最大限活用するには実験・計算データを蓄積し、機械学習などで高速なフィードバックを実現するデータマネジメントプラットフォームの構築が必要です。QunaSysの量子コンピュータ等の先進技術と、日本ゼオンの材料開発の基盤・知見を融合し、カーボンニュートラルなどの新たな材料ニーズに応えることで、社会課題の解決を目指します。³⁾

(2)ENEOS株式会社¹⁾²⁾

サステナビリティに関する効果:クリーンエネルギーの開発

【持続可能な水素燃料の実現のために】

内容 : 分子の振動数解析は、化学物質解析における重要な手法の一つです。振動数解析を行って得られる分子振動スペクトルは、分子の「指紋」のようなものであり、分子の構造決定や化学反応機構の解析等に広く用いられています。特にエネルギー分野では、石油精製や水素製造プロセスにおける触媒反応解析、潤滑油表面における添加剤等の反応解析などにおいて、振動数解析が重要な位置づけを占めています。一方で、振動数解析は古典コンピュータでは難しく産業応用が進んでいないという課題がありました。これに対し、ENEOSグループとQunaSysは、量子コンピュータ上で振動数解析を行うための量子アルゴリズムの開発に取り組み、その有効性をHoneywell(現Quantinuum)実機上で実証しました。

効果 : アルゴリズムの有効性の実証において、古典コンピュータによるシミュレーション結果と一致したこと、すなわち、計算が正常に実行できたことが確認できました。本研究は小さな分子から始められましたが、量子コンピュータ上で振動解析が可能であるという理論的な証明ができたことにより、量子アルゴリズムが持続可能な水素燃料の開発に取り組むENEOSの研究に間違いなく有益であることが分かりました。

以上のような取り組みを通し、QunaSysは産業界が様々な分野で量子技術に取り組みやすい環境を整え、量子技術を社会に貢献する方向へ加速させています。

量子技術を活用した人流の最適化により 災害時の被害を抑制

-エネルギー分野における量子技術活用を共同検討-1)2)



【1. 事例概要】

法人名：住友商事株式会社(SUMITOMO CORPORATION)

地域：国内

サステナビリティに関する効果：災害時の被害抑制、安全・安心なまちづくり

【2. 背景・目的】

九州電力株式会社、住友商事株式会社、住友商事九州株式会社は、将来の量子技術活用の共同検討を開始しました。量子技術は、2040年に世界で約100兆円規模の価値創出が予測されています。活用先として特に期待されている安全・安心なまちづくりや、エネルギー分野などの社会課題を解決するユースケースを日本から生み出すべく、3社で共同検討を進めています。第一弾として、災害発生時にリアルタイムで近隣住民に対して最適な避難経路を計算・提供する方法を検討しています。

近年、自然災害の増加や被害の甚大化に伴い、避難の遅れを防ぐための対策が求められています。九州電力は、自治体や金融機関等と「安全安心なまちづくり」や「活力と魅力のあふれるまちづくり」等に関する包括連携協定を締結し、九州地域が抱える課題の解決や持続可能なまちづくりを推進しています。これらの取り組みの一環として、災害時の地域住民の避難支援を推進しています。

【3. 事例詳細】

内容：災害時の避難においては、個々人が避難場所を目指し最短で行動しようとする、特定の道路に集中し危険な状態になる恐れがあるため、迅速な避難指示と避難経路の誘導が必要です。避難経路には膨大な選択肢があるため、その中から最適な経路を導き出すにあたり、従来型のコンピュータでは計算に多大な時間がかかる点が課題ですが、量子技術は、これら最適化問題の処理(膨大な組み合わせの中から最良の組み合わせを選択)において驚異的なスピードで解を導くことが期待されています。

効果：本検討では、住友商事が培ってきた量子技術の知見を活かし、地域住民の最適な避難経路計算に量子技術を適用することを検討します。まずは、要件を定めた上でアルゴリズムを構築し、データの精度向上等を通じて実用化を目指します。将来的には実証試験を行い、アプリ等を通じて、地域住民がリアルタイムの位置情報や道路通行情報などを反映した最適な避難経路を把握できる社会を実現し、道路混雑などによる避難の遅れを防ぐことで被害の抑制に役立てます。

以上のように、住友商事含む3社は、本検討を通じて、地域の社会課題を解決し、安全・安心なまちづくりに貢献します。さらに今後は、電力市場における需要予測や、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの出力予測への量子技術の活用も検討していきます。量子技術の社会実装活動をさらに加速させ、デジタルの力を活用した社会課題解決に取り組みます。

Chapter 4

量子コンピュータ×サステナビリティ

NTT DATAの取り組み

NTT DATAの量子コンピュータ活用事例

無駄を最小にし価値を最大化する最適化問題は、物流、製造、金融、化学などの分野での活用が期待されているだけでなく、サステナブル社会の実現に寄与できる技術です。NTT DATAにおける量子コンピューティング技術の活用例、最適化への応用例を3つ紹介します。

1. 量子コンピューティング技術を用いた効率的なCO₂触媒開発に関する共同研究¹⁾

背景：近年、AI技術やハイパフォーマンスコンピューティング技術の発展により、「マテリアルズ・インフォマティクス」(以下、MI)と呼ばれる素材・材料開発にIT技術を適用する研究が盛んに行われています。MIの発展により、これまで企業・研究機関に蓄積されてきた実験や開発データを基に、より高品質な素材・材料を作るための最適な配合を短期間で求めることが可能になると期待されています。しかしながら、分子の構造は非常に複雑であり、従来のコンピュータでは膨大なパターンの分子構造のシミュレーションを行うことが難しく、特定の性質を持つ材料を設計することは困難とされています。

NTT DATAでは、2022年8月にイノベーションセンタを設立し、様々な先進技術の見極めおよびお客さまとの共創R&Dを進めております。対象としている先進技術テーマの1つとして量子コンピュータがあり、上記の課題解決およびMIの発展に向けて、量子コンピューティング技術が活用できると考えております。

内容：NTTデータイタリアは、量子コンピュータ/次世代アーキテクチャ・ラボが有する知見を基に、量子機械学習や生成AIなどの先進技術を活用し、排出されたCO₂を回収して高付加価値な別の化学物質へ変換することを可能にする、効率的な触媒システムの提案を行いました。この提案が2024年11月、National Research Center for High Performance Computing, Big Data and Quantum Computing(ICSC)のイニチアチブであるSpoke7 (Materials and Molecular Sciences)から資金提供を受ける“HPCvsCO₂”プロジェクトに採択されました。12か月間のプロジェクトにおいて、パレルモ大学およびマグナ・グラエキア大学が有する物性化学に関する知見と、NTTデータイタリアが有するIT技術の知見を組み合わせることで、CO₂回収および変換を効率的に行う触媒開発に向けて、量子機械学習手法および分析用シミュレーションツールの研究開発を行います。

本プロジェクトの成果を用いて、NTT DATAは気候変動への取り組み、温室効果ガス排出量の削減などの重要課題への対応を進めてまいります。また、環境問題への対応に加えて、本研究の成果を創薬など他分野に対して応用することを通じて、MIの発展および新たな社会イノベーション創出の促進を目指します。

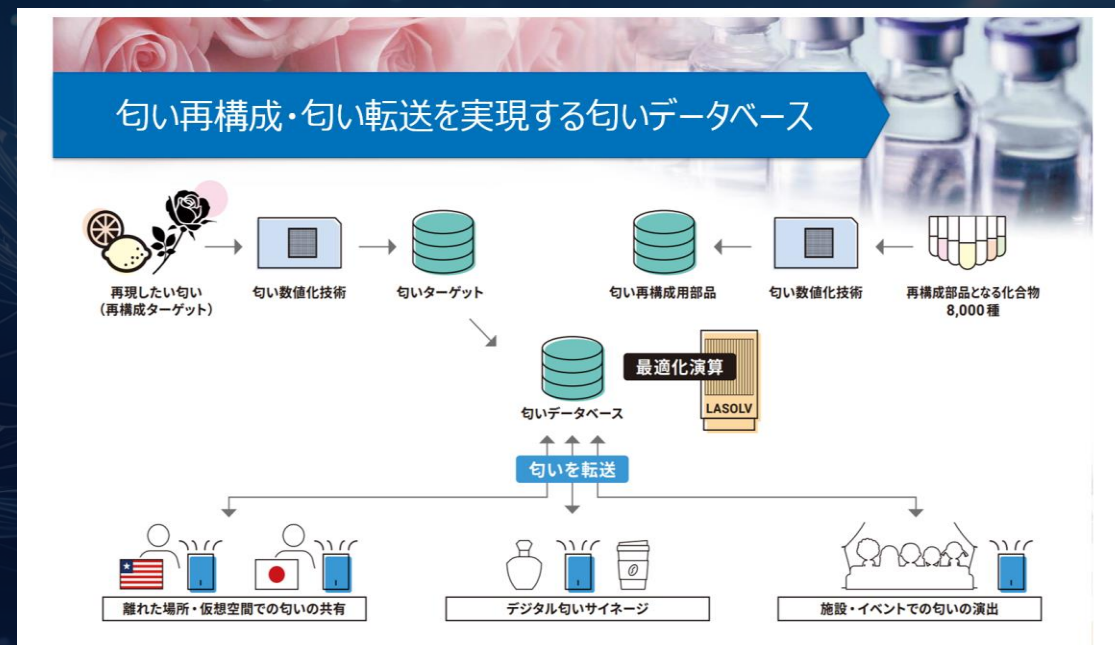
2. 消臭剤開発や匂いの再構成(NTT DATA × 香味醗酵)¹⁾

【陸の豊かさを守る匂いのデジタル化】

背景：世界で初めて匂いのデジタル化にチャレンジしている株式会社香味醗酵との共創事例でも、量子コンピューティングを活用しています。香味醗酵は人間が匂いを感じる388種類の嗅覚受容体という細胞をガラスプレート上に配置することで、人間の鼻に代わるセンサーを開発しました。そこから匂いを数値化し、消臭剤開発や匂いの再構成に取り組んでいます。ただし、匂いを再構成するためには、元となる匂いを数値化し、あらかじめデータベース化しておいた膨大な量の香料化合物の中から組み合わせることで、元の匂いを再現する必要があります。香料化合物候補は数千種類存在するため、この組み合わせ最適化演算は非常に複雑で、従来型コンピュータでは計算に100時間以上要するなど困難を極めていました。この最適化演算にNTT DATAの量子コンピューティング技術を適用することで、数十秒で計算を行うことが可能になりました。これによりリアルタイムに匂いを再構成し、転送することが可能となり、遠隔地や仮想空間、VRゲームの中の世界の匂いなどを体感できたり、テレビの映像に合わせて匂いができたり、コンサート会場などで観客が匂いを共有したりといったことが可能となります。

サステナビリティへの期待：香料は化粧品や食品などに使われて日常生活を豊かにしてくれる一方で、環境に大きな負荷を与えるものが存在します。例えば、天然香料の中には絶滅の危機に瀕している植物から採集されるものや香料抽出に大量の植物が必要なもの、合成香料の中には生成に大量の水を必要とするものなどがあります。ある匂いを作成するために、このような環境負荷の高い香料をなるべく避けることは、開発期間や費用の面から難しいことが多くあります。しかし、香味醗酵との共創技術を用いることで、環境負荷の高い香料を避けた匂いの作成を少ない工数で実現することができます。

以上のように、匂いのデジタル化により、香料業界を取り巻く環境問題の解決に貢献することができます。今後両社は、香料開発の効率化・高度化だけでなく、映像産業やメタバースへの匂い情報の実装、消臭剤開発などを含めた新たなビジネスの開拓に取り組み、2025年までに10件以上の匂いに関するビジネス創出をめざしています。

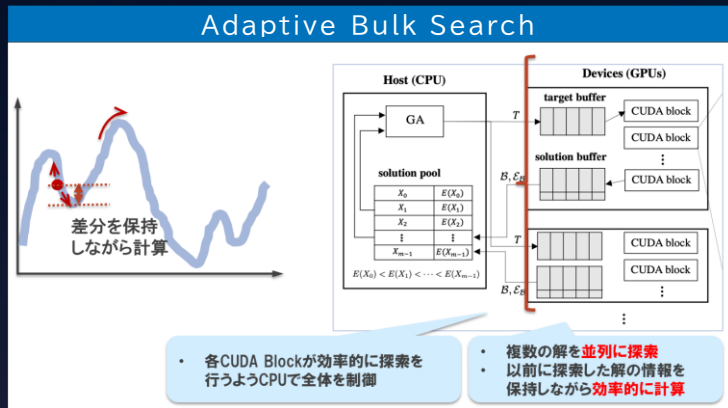


[図4-1] 匂い再構成・匂い転送を実現するデータベース

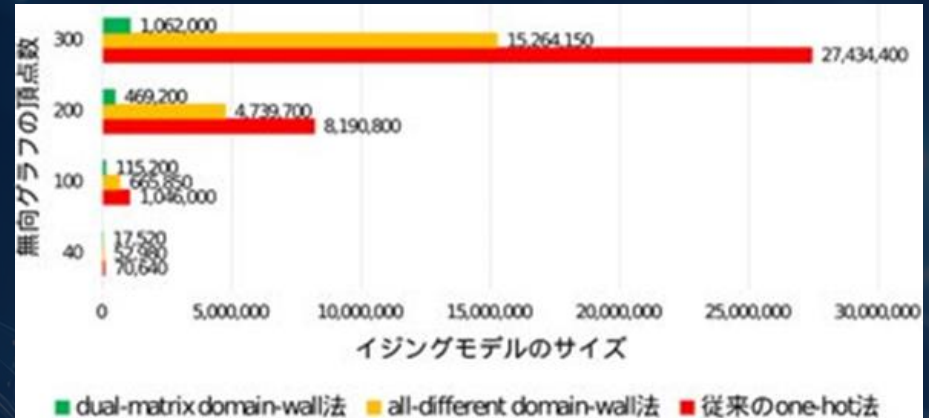
3. 大規模な順列型組合せ最適化問題を解く新手法(NTT DATA × 広島大学)¹⁾

持続可能な社会を実現する上で、消費するリソースやエネルギーの無駄を最小限に抑えながら価値を最大化することは、重要な要素の一つです。また、コンピューティング技術の進歩により、組合せ問題に特化した量子アニーラー^{※1}と呼ばれる量子コンピューターが登場し、年々性能を向上させています。

量子コンピューターの活用は、社会への価値創出につながることを期待されています。しかし、実ビジネスへ応用するには要求性能と実性能にまだ差があることも事実です。そこで、広島大学と共同で、組合せ最適化問題の解を高速に探索する新しい計算方式「Adaptive Bulk Search」、さらには同じハードウェアでも、より大規模な最適化問題に適用できる新たな解法「dual-matrix domain-wall法」を開発しました。



[図4-2]「Adaptive Bulk Search」の仕組み



[図4-3]無向グラフの巡回セールスマン問題を解くイジングモデルの二次項の個数¹⁾

「dual-matrix domain-wall法」は、巡回セールスマン問題^{※2}を例として、無向グラフの頂点数(訪問する都市数)を300とした場合、従来のone-hot^{※3}に比べて、イジングモデルのサイズを25分の1以下に削減できます。本手法の適用により、これまでイジングマシンや量子アニーラーに投入できなかったような最適化問題も解くことができるようになります。

例えば、働き方改革によりトラックドライバーの時間外労働の上限規制が見直され、長距離輸送の人員確保が困難になっています。そこで、最適な人員配置、最適なルートによる最短時間での配送を実現することで労働環境の改善や温室効果ガス排出量の削減などにつながります。

NTT DATAでは、本手法に限らず、量子アニーラーや組合せ最適化問題に対する様々な新手法の開発・適用を進めていきます。

今後、グローバルにおいて量子コンピュータ/次世代アーキテクチャ・ラボのサービスを展開し、新たな手法によるお客様の業務改善案件で、2026年までに100件以上の受注を目指しています。

※1 量子効果に基づいて、特定のグラフ形状をもつイジングモデルの解を求める量子コンピューター。

※2 複数の都市が入力として与えられて、それらをすべて一度ずつ巡る訪問順で総巡回路長が最短のものを求める組合せ最適化問題。

※3 one-hot法の定義については、広島大学のニュースリリースを参照。

[量子アニーラーで順列型組合せ最適化問題を解くためのイジングモデルのサイズと要求分解能を大幅に削減する画期的な設計手法を開発 | 広島大学](#)

Chapter 5

おわりに

本稿では、量子コンピュータの概要から、サステナビリティとの関連やそのトレンド、各企業やNTT DATAでの具体的な量子コンピュータの取り組み事例をみてきました。具体事例でお伝えした以外にも、様々な分野で量子コンピュータは活用されており、主に生産性向上や業務効率化に寄与しています。これによって、サステナブルな世界、SDGsの「産業と技術革新の基盤を作ろう」を始めとした多くの目標にも貢献すると考えられます。

一方で、Chapter0でも記載した通り、量子コンピュータの利活用にはエネルギー消費による環境負荷の問題も伴うことに注意が必要です。Chapter3、4で紹介した事例を含め、その運用には多くのエネルギーを消費する冷却技術や、量子ビットの安定性を保つための高度な技術が必要です。そのため、サステナビリティの観点では、再生可能エネルギーの利用やエネルギー効率の向上も重要となってきます。量子コンピュータ利活用によるメリットの側面だけでなく、環境負荷などのデメリットについても理解しながら技術を活用し、「持続可能な社会」を目指していくことが重要です。

NTT DATAは先進のテクノロジーで、先見の事業変革をお客さまとともに実現します



NTT DATA

※本レポートは2024年12月25日時点の情報を元にNTT DATAが主となって作成しています