

New and next / 量子コンピューティング

日本の視点：

量子コンピュータに対する日本企業の取り組みの方向性

はじめに

量子技術については、何十年も前から政府機関や民間企業、研究機関を中心にどう活用できるか、商用化できるかについて検討が進められている。近年日本国内においては、政府を中心に今後の社会を変革する重要性の高い技術として量子コンピューティングを位置づけ、内閣府の「第6期科学技術基本計画」や「統合イノベーション戦略」を策定し、今後5年、10年、20年後の実現像を整理し、量子技術が目指す方向性や展望を策定している¹。

本稿においては、量子技術の中でも量子コンピューティング（ゲート型量子コンピューティング、アニーリング型量子コンピューティング）の“今”どう研究が進んでいるか、商用化も含めてどう活用が進んでいるかを起点とし、さらに“今後”の発展に向けた取り組みの方向性について論じる。

アニーリング型、ゲート型量子コンピュータの実用に向けたステージ

アニーリング型量子コンピュータについては、2011年にD-wave systemから量子アニーリングマシンが一般公開され、先進IT企業や大手企業においてマシンを購入し、活用に向けた研究を進めている。日本国内においては、アニーリング型の特徴でもある“組み合わせ最適化”に着目し、デンソーによる「工場内の無人搬送車のルーティング（経路移動）の最適化」やリクルートコミュニケーションズによる「旅行情報サイト（じゃらんnet）における宿泊情報の掲載順の最適化」などに活用されている²。前述の通り、企業の抱える最適化問題に対して、アニーリング型が活用され始めてはいるものの、まだ発展途上の技術であり、さらなる技術的な発展や先進的な活用の事例などを各企業が見守っている状況にあるのが実情であると考えられる。最適化問題については一定古典コンピュータを使ったAIでも解くことができるケースもあるため、アニーリング型量子コンピュータ活用による優位性が見極められないことや、最適化を分析するためのデータ整備、アニーリング型量子コンピュータを活用する自社内の専門家の採用・育成などの問題により、積極的な活用に至ってはいないのではないかと考えられる。

一方、研究機関や先進的なIT企業を中心に、古典コンピュータで構築する機械学習モデルの構築時に、アニーリング型量子コンピュータを活用し、効率的に処理を行う研究が進んでいる。このような単純なアニーリング型コンピュータ単独の活用だけでなく、更なる柔軟な活用の仕方が広がっている中で、今後アニーリング型コンピュータがより発展するステージにきたものと考えられる。

ゲート型量子コンピュータについては、1980年代に考察された基礎コンセプトから始まり、約40年の時が経ち、基盤技術の発展（扱うことのできる量子ビット数の増加）、アルゴリズム開発などにより、実用化に向けた研究・開発が活発となっている。諸外国においても、そういった状況を踏まえ、政府から研究機関への投資や民間企業内での研究・開発が活発化している。2019年には、IBMから世界初の商用量子コンピュータの開発とクラウド公開が発表され³、さまざまな企業やユーザーが参加し、ゲート型量子コンピュータでの研究・開発ができる環境が提供されるなど、さらなる発展に向けた環境が整備されつつある。一方で、実用化・商用化に向けてはまだ課題がある。まずは「量子ビット

数の不足」である。古典コンピュータより有機的に誤り訂正の機能を実用化するためには、約数百～数千個以上の量子ビットが必要とされているが、現在も量子ビット数の増やすための研究・開発を先進IT企業が中心となって進めている最中にある。具体的には、IBMにおいては1,123量子ビットを扱う量子コンピュータを2023年に開発する計画や、Googleにおいては2029年には100万量子ビットを扱う量子コンピュータを開発するロードマップも発表されており⁴、ここ5年から10年の間でゲート型量子コンピュータが実用化される前段のステージにあると考える。

日本が量子技術を発展させていくための取り組みの方向性

ここまで見てきたように、日本ではアニーリング型を中心にスタートアップや企業でのPoC検討が進む一方、ゲート型では米中で投資が過熱し、技術開発も先行する中、今後さらに日本で量子技術を発展させ、世界をリードしていくためにはどのような取り組みの方向性・ステップがあるだろうか。

まずはゲート型、アニーリング型共に現状の（あるいは今後数年で想定される）スペックの中でどのような社会課題を解決し得るのかを見定め、具体的なユースケースを構築していく必要がある。比較的商用化の早かったアニーリング型コンピュータおよびNISQ⁵のゲート型コンピュータでどのような業界のどのような課題であれば解決することができるのか、そのユースケースをまず1つでも構築することが今後の量子コンピュータの発展において重要なマイルストーンとなるであろう。ユースケースが構築されることで量子技術の社会的インパクトについて世の中への理解も広まり、産官で量子技術への投資余力がまた生まれてくる。特にゲート型については、現在のNISQから誤り訂正を実装したコンピュータに発展するまでに中長期的な投資が必要となる。ゲート型・アニーリング型と比較されがちな2つの量子コンピュータであるが、アニーリング型でユースケース構築をしていくこともゲート型の発展、ひいては“量子技術”の発展に対して重要な役割を持つと期待される。

一方、このようなユースケース構築は必ずしも簡単ではないことも悩みであろう。量子コンピュータを社会実装し、ユースケースを構築・探索する取り組みをさらに加速していくためには、現状の投資余力のあるトップ企業だけがPoCやコンソーシアムで取り組んでいる状況から脱皮し、量子コンピュータの導入・PoCを検討する企業のすそ野を広げていくことが重要である。業界問わずあらゆるユーザー企業が、量子コンピュータが自社の事業に与えるインパクト、自社の事業戦略にどう取り込んでいくかを検討し、小さな社会課題・業界課題であっても解決できることを示していく体制を築き上げていく必要がある。そのためには各企業個別の取り組みだけでなく、多くの企業が集まってそれぞれの課題を共有しながら量子コンピュータのインパクトを理解し、量子コンピュータに気軽に触れられるコミュニティー・場がある方が良いだろう。そのようなコミュニティー・場があることで、これまで企業内の研究者が活用を試みるケースが多かった状況から、量子技術に必ずしも明るくない新規事業・事業開発部門のメンバーも取り組みやすい状態になり、本格的な社会実装が進んでいくことが期待できる。

上記のように裾野を広げていくためには、ベンダ企業も努力していく必要がある。これまでは興味のある企業の限られたメンバーとまずPoCを実施していた状態から、量子コンピュータのインパクトを経営層・事業部が自分事として捉え、事業化に向けたプランを描くことをサポートできる体制整備が必要になるであろう。そのためには“量子”というまだまだ理解が難しい分野について、研究者と事業開発メンバーの理解の差を埋めていく架け橋となるような地道な取り組みも不可欠である。最後に、日本は少子高齢化をはじめ多くの課題を持つ課題先進国である。量子技術が日本の抱える課題を一気に解決する手段になるとは結論付けられないが、労働人口の減少やインフラ老朽化が進み、より生産性の向上や社会構造・業界の変革が求められてくる中で、可能性のある手段には積極的に投資をしていくべきであろう。例えば、材料探索の大幅な効率化によって研究者が少ない状況でも先進的な素材開発を実施したり、最短到達時間だけでなく道路の老朽化度合いも考慮し、道路への負荷を分散させながら効率的に配送していく物流網の構築などが考えられる。まずはユースケースの構築が重要なマイルストーン、と述べたが、ユースケースを構築する上で日本は大変良い土壌を持っていると言える。

上記のようにベンダとユーザーで手を取り合った状態で挑戦が加速されていくことで、今後日本発の先進的なユースケースが生まれてくることを期待したい。

1. 内閣府, 「第6期科学技術・イノベーション基本計画」, 2022/3/31アクセス: <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html>
内閣府, 「統合イノベーション戦略2021」, 2021/6/18: <https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/2021.html>
2. デンソー社 工場内無人搬送車ルーティングの最適化; DENSO, "量子コンピューティング, イノベーション, 事業紹介", 2022/3/31アクセス: <https://www.denso.com/jp/ja/business/innovation/quantum/>
リクルートコミュニケーションズ 旅行情報サイトの掲載順の最適化; 「次世代コンピュータが実現する革新的ビジネス」③講演4, リクルートコミュニケーションズ, 棚橋耕太郎氏, 2019/7/4: <https://www.youtube.com/watch?v=Pb2wM-nNEk4>
3. IBM, "IBM Quantum Computing", 2022/3/31アクセス: https://www.ibm.com/jp-ja/quantum-computing?utm_content=SRCWW&p1=Search&p4=43700066778741786&p5=e&gclid=EAlaIqobChMIsoSy5L3y9gIVCmoqCh3BCgtfEAYASAAEgjilfD_BwE&gclid=aw.ds
4. IBMの開発ロードマップ; オープンな量子ソフトウェア・エコシステムの構築に向けたIBMのロードマップ, IBM THINK Blog Japan, 2021/2/8: <https://www.ibm.com/blogs/think/jp-ja/quantum-development-roadmap/>
Google社の開発ロードマップ; Our quantum computing journey, Google Quantum AI, 2022/3/31アクセス: <https://quantumai.google/learn/map>

著者



寺園 知広
Tomohiro Terazono

デロイトトーマツ コンサルティング
合同会社
ディレクター

外資系コンサルティング会社などを経て現職。戦略策定～BPR/IT導入に至る幅広いコンサル経験を経て、現在は金融部門AI/Analytics領域LeadおよびDeloitte Japan量子オフアリングCo-Leadを務め、エマージングテック領域で多くのPJを手掛けている。



上谷 学
Manabu Kamitani

デロイトトーマツ コンサルティング
合同会社
マネジャー

国内基礎研究機関（研究員）、外資系戦略コンサルティングファームを経て現職。製造業・IT企業・製薬企業を中心に新規事業開発、未来構想策定の支援などの戦略から最先端技術に関する実証実験の支援まで幅広くコンサルティングサービスを提供。寺園とともにDeloitte Japan量子オフアリングCo-Leadを務めている。



嶋村 勇紀
Yuki Shimamura

デロイトトーマツ コンサルティング
合同会社
マネジャー

国内系コンサルティングファームを経て現職。金融業界を中心に事務改革支援や大規模IT基幹系更改PJ推進など、事務・システム全般の戦略策定から実稼働まで幅広いPJを支援。また、データ活用戦略や先端技術に係る調査・戦略検討などについても支援し、幅広くコンサルティングサービスを提供。

監修

森 亮
Ryo Mori

デロイトトーマツ コンサルティング
合同会社
執行役員

森 正弥
Masaya Mori

デロイトトーマツ コンサルティング
合同会社
執行役員