

(執筆：鷲見 拓哉 2020年6月30日)

## 量子コンピューティングを正しく理解し、自社導入を推進する

量子コンピューティングの進展は、量子コンピューティングベンダだけが押し進めるものではない。ユーザとなる各企業も技術進展を捉え、自社ビジネスへの影響を見極めていくことが重要である。量子コンピューティングの導入検討を進めるためには、この新しいテクノロジーを理解、実践し、技術進展の程度に合わせて臨機応変に取り組んでいくことが求められる。先進的な企業の事例を踏まえ、量子コンピューティングの導入準備の方法を考える。

### 1. 予測不能な量子コンピューティングの競争環境

「VUCAの世界になった」と言われる。VUCAとは、Volatility（変動性）、Uncertainty（不確実性）、Complexity（複雑性）、Ambiguity（曖昧性）の頭文字による造語で、社会やビジネス活動の今後が予測困難で、先が見通せないことを表す。新しいテクノロジーの台頭による新たなビジネスや新規参入者の登場もまたVUCAの世界の構成要素の一つである。

量子コンピューティングは、このような新しいテクノロジーの一つであり、様々な計算への適用可能性が期待されている。例えば、金融、化学、ライフサイエンス（ヘルスケア）、交通、材料開発、防衛など多岐にわたる産業分野が適用先として挙げられている。これら産業分野の企業活動では、計算に長時間要している業務があるが、量子コンピューティングを導入すれば、計算速度が飛躍的に向上し、短時間で解けるようになり、さらには、古典コンピューティングでは解けない計算を解けるようになり、期待されている。これにより、コスト削減や業務改革、新たなビジネスの創出が実現できると目され、一部の企業において導入に向けた活動が始まっている。Ford（米）は、そのような先進的な企業の一つであり、自動車交通流の最適化に量子コンピューティングの適用を検討している [1]。多数の自動車が運行される状況下において、交通流の全体を最適化することで、エンジン性能の効率的維持管理、大気汚染の軽減、渋滞の解消、乗車体験の向上等の実現が期待されるが、車両1台ごとに経路や乗降場所が何通りも考えられ、全車両を対象とした最適化を行おうとするとその組合せが莫大な数となり、古典コンピューティングでは手に負えなくなる。同社は、この最適化に量子コンピューティングの高速計算性を適用可能と見て、その方法を探っている。

量子コンピューティングという新しいテクノロジーは、交通渋滞のようにこれまでは解決が困難と考えられてきた事象を解決し、全く新しい未来を実現する可能性を秘める一方で、量子コンピューティングを導入せず将来にわたって古典コンピューティングに依存し続ける企業にとっては、提供する商品やサービスの陳腐化、商品開発の遅れ等を引き起こす要因ともなりかねない。

現時点においては、量子コンピューティングを活用してビジネスの変革を成し遂げたという企業は知られていない。この根本的な原因は、現在知られている量子コンピュータのハードウェアに実問題を解くのに必要な計算規模が備わっていないことにある。しかし、ハードウェアが成熟するまで待っていればよいというわけではない。Ford の CTO である Ken Washington 氏は、量子コンピューティングは未成熟な技術と認識した上で「量子コンピューティングの技術進捗がごく初期段階にあることは、非常に胸を躍らされる。つまり、この初期段階で注意を払い、取り組めば、技術が成熟するとき優位に立つことができる。」とし、アーリーアダプターとして今から参戦することの優位性を強調している [2]。

量子コンピューティングベンダをはじめ世界中の研究機関が、ハードウェアの計算規模拡大に様々な素材レベルの研究から取り組んでいる。このため、量子コンピュータ開発への参入を突如として発表し、これまで業界を牽引してきたどのベンダよりも高性能な量子コンピュータのリリースを予定する企業が現れるなど、新規参入者を含めて性能改善に向けた動きは激しい状況にある。また、ハードウェアには、汎用のゲート方式量子コンピュータのほかにも、最適化に特化した量子アニーラと呼ばれるものが存在し、さらには、量子コンピューティングに着想を得た量子インスパイアード古典アルゴリズムという古典コンピューティングの手法など、異なるアプローチからの研究も進み、量子コンピューティングの応用ソフトウェア分野の研究開発も加速しつつある。

こうした研究開発の競争激化により、実用的な量子コンピュータがこれまで想定されていた時期よりも早く利用可能となる可能性がある。その際には、早期から量子コンピューティングに着目していた一部の先進的な企業でその導入が急速に進むこととなり、導入準備を疎かにしていた企業との格差が一気に広がるおそれがある。このような将来を見据え、他社に後れを取らないようにするためには、量子コンピューティングの著しい技術進捗を捉え、その変化に対応していかなければならない。

## **2. 開発企業とのコラボレーションを通じた応用技術の習得**

一般的に、VUCA の世界における不確実性への対応方法としては「情報に投資する」ことが挙げられている [3]。つまり、企業は、情報を収集し、量子コンピューティングの動向を理解することが導入検討の第一歩である。

業務で解きたい問題を量子コンピュータで処理できる計算式に変換し、量子コンピューティングの適用可能性を追究するには、量子力学専門家等の研究者と業務ドメイン知識を有する研究者とのコラボレーションが必須であり、初期の活用先と想定される化学業界、金融業界でこうしたコラボレーションが始まっている。彼らは協力して、特定の計算を行うために必要となる量子コンピュータの性能を見積もったり、現在実現されている小規模な量子コンピュータでも活用できるように計算を工夫する方法を研究したりし、その成果を論文としてまとめ、研究コミュニティ内で共有している。つまり、最新動向を反映する彼らの研究成果が基本的な情報源であり、研究コミュニティとの協業を通じてその情報、知識を獲

得することが有効である。この情報収集の方法として、以下の2つの方法を紹介する。

方法① 自社人材に量子コンピューティングの応用技術を習得させる方法

方法② 量子ソフトウェア企業とパートナーシップを結ぶ方法

方法①は、企業が量子コンピューティングを活用できる人材を自社内に確保する方法である。この方法は、自社の関心事項に応じて集中的かつ日常的に情報収集できる点で優れる一方で、そのような人材の教育や採用、雇用維持には大きな投資が必要となる。量子コンピューティングの活用に対して準備を進めるには、解決したい事象を表す数理モデルの選択や修正を行うことのできる人材が必要となるが、これには業務ドメイン知識が必須である。したがって、ユーザ企業としては量子コンピューティングベンダとのコラボレーションをうまく活用し、企業の抱える実問題の解決に迫るために業務ドメイン知識を持つ人材に量子コンピューティングの応用技術を習得させる方法が有効であろう。取組の例として、「IBM Q Network」は、企業間の知見共有、コラボレーション促進を目的とするもので、IBM から提供されるツール、トレーニング、技術的サポート等を通じて参画企業は量子コンピューティングの手法を身に付けることができる。この成果は、参画企業同士による共著論文としてまとめられ、研究コミュニティに還元されている。また、化学スタートアップの OTI Lumionics (加) は、NPO 団体 Creative Destruction Lab (加) が行う量子コンピューティング専門のインキュベーションプログラムに参加し、自社の化学研究者に量子コンピューティングの応用技術を習得させ、新素材開発への活用を進めている。実際に、量子コンピューティングの知識を獲得した同社の化学研究者は、新素材開発の過程で最も時間を要しコストの掛かる化学シミュレーションを、量子コンピュータで処理できる形に変換する方法を考案、「Microsoft Azure Quantum」を使って実践し、シミュレーション精度の改善に成功している [4]。

方法②は、研究者の教育や採用に大きな投資が難しい企業にとって有効であろう。量子ソフトウェア企業は、社内に量子研究者やドメインを理解した研究者を擁し、研究コミュニティに参画しているため、企業はドメインエンジニアの教育が軽減される上に量子ソフトウェア企業を介して研究コミュニティの成果を間接的に収集、享受することができる。例えば、ノヴァ・スコシア銀行 (加) とモントリオール銀行 (加) は、量子ソフトウェア企業 Xanadu (加) と3者での共同プロジェクトを発足させ、金融商品の価格決定の計算に量子コンピューティングの適用を実践することで、その使い方や性能の理解に繋げている [5]。

このようにユーザ企業、量子コンピューティングベンダ、量子ソフトウェア企業とのコラボレーションは、それぞれにベネフィットをもたらす。量子コンピューティングや機械学習を活用した創薬計算プラットフォームを提供する量子ソフトウェア企業の ProteinQure (加) は、製薬企業の AstraZeneca (英) ともコラボレーションすることでソフトウェア開発を加速させている。量子ソフトウェア企業にとっても、優れたソフトウェアを開発するには、産業界や企業が真に解決したい課題と、企業内で既に行われている業務の全体像を理解する必要があり、産業界や企業とのコラボレーションが欠かせない。

### **3. アプリケーション探索を共同推進する先行企業**

金融業界のように量子コンピューティングの具体的な適用方法（例えば、金融商品の価格決定を量子コンピュータ上で高速に行う方法）が明らかとなっている場合は個社でその導入を進めることも可能であろう。しかし、適用方法が明らかでない場合は、まず活用先業務の検討（アプリケーション探索）から始め、その次に具体的な適用方法を研究しなければならない。アプリケーション探索はより広い発想と投資が必要とされ、個社では限界がある可能性もある。

実用的な量子コンピュータが利用可能となっていない現時点では、量子コンピューティングを活用した企業活動は他社との競争に発展する前の段階にあるという状況も相まって、本来は競合関係にある企業同士であっても、量子コンピューティングの可能性に期待しつつも単独よりもコラボレーションが有効と感じる企業たちがコンソーシアムを組成し、情報収集やアプリケーション探索を共同して推進しようとする動きがある。

このようなコンソーシアムとしては、2019年に設立され、17社のライフサイエンス企業が参画する「QuPharm」がある。このコンソーシアムでは、ワークショップ、エコシステム調査等を通じて、業界が抱える共通の課題に対する量子コンピューティングの適用方法を探っている。「QuPharm」創設メンバーであるBayer（独）のKevin Hua氏は、この取組に関して「量子コンピューティングは新しいテクノロジーであるため、投資に伴うリスクは依然として高い。製薬企業は、連携することによって、投資リスクと利益の両方を共有し、ライフサイエンス産業へのこのテクノロジーの導入を加速することができる。」と競合企業との協調の重要性を評価している [6]。

量子コンピューティングは、対象とする業界や業務によって求めるハードウェア特性や規模が大きく異なるという特徴があるため、同一業界の企業から構成されるコンソーシアムでは、各参画企業の時間軸が揃うことで必要な情報を効率的に獲得し、なおかつ投資に対するリスクを分散させながら、困難なアプリケーション探索に立ち向かうことができるようになる。

### **4. 量子コンピューティングの不確実性への備え**

現在実現されている小規模な量子コンピュータでは、実問題を想定し単純化した問題しか解けていない。このため、自社ビジネスの問題を解くのに量子コンピューティングが有効になり得ると判断した企業は、実験的に導入し、自社の有するデータでその効果の発現を試すところまで踏み込む必要がある。そのためには大きな問題を分解したり、他の方法も組み合わせたりするなど多角的に対応しなければ、自社ビジネスにおける意味合いを正確に分析、理解することはできない。

量子コンピューティングのハードウェアは多様であり全てを対象に試行することは現実的でないが、量子ソフトウェア企業との協業でこれを効率的に試すことができる。例えば、量子ソフトウェア企業のZapata Computing（米）は、量子コンピューティングの手法を産

業分野ごとにパッケージ化して提供し、各種ハードウェアにも対応している。これは、Zapata Computing が各ベンダと協業し、同社の提供するソフトウェアがミドルウェアとして動作することで実現されている。また、1Qbit（加）も各種ハードウェアに対応する量子コンピューティング環境を提供し、化学メーカーの The Dow Chemical Company（米）や医薬品メーカーの Biogen（米）が利用している。

利用可能な量子コンピュータの性能が自社目的に対して不十分であっても、取り組めることはある。先に紹介したノヴァ・スコシア銀行とモントリオール銀行の事例では、実際の量子コンピュータではなく、シミュレータを利用している。これら 2 銀行は、量子ソフトウェア企業との協業により、シミュレータを利用して、業務上の計算を量子コンピュータで処理できる形に変換する方法を理解するだけでなく、その運用に携わる人員の教育までを、実用的な量子コンピュータが登場するまでの準備として進めていることになる。また、Ford は、量子コンピューティングの可能性を探り始めた当初は、量子アニーラを用いて量子コンピューティングを学んでいたが、現在は Microsoft 等と組んで、古典コンピュータを用いる量子インスパイアード古典アルゴリズムまで検討の幅を広げている [7]。これは、実際に量子アニーラを利用し、量子コンピュータのハードウェアの未成熟さを理解した会社だからこそ、短期的な戦略として、量子インスパイアード古典アルゴリズムの活用に舵を切ることができた事例といえる。

企業は、量子コンピューティングという、古典コンピューティングとは全く異なるテクノロジーがもたらすとされる高速計算への期待と、現在の量子コンピューティングがもつ不確実性とうまく付き合っていくためにも、まずは、情報への投資を通じて状況を正しく理解し、それに応じて、必要な人材の獲得・教育を進め、量子コンピュータの実機とシミュレータを使い分けるなどして、量子コンピューティングの技術進展が自社ビジネスに与える影響を正しく分析することが重要である。その上で具体的な行動計画を組織的に策定し、技術進展の程度に合わせて臨機応変に戦略を修正するなど、実用的な量子コンピュータが登場したときにいち早く利用を開始できるよう今から準備を進めておく必要があるだろう。

#### 【推奨事項】

- 現在の量子コンピューティングが抱える不確実性に対処するため、情報に投資し、状況を正しく理解する。情報、知識の獲得に際しては、量子コンピューティングベンダや量子ソフトウェア企業とのコラボレーションに加え、競合他社や業界コンソーシアムとの協調も視野に入れる。
- 必要な人材の獲得・教育を進め、量子コンピュータの実機とシミュレータを使い分けるなどして、量子コンピューティングの技術進展が自社ビジネスに与える影響を正しく分析する。
- 企業としての具体的な行動計画を策定し、技術進展の程度に合わせて臨機応変に推進する。

## 参考文献

1. Ken Washington, "Why Ford Is Taking a Quantum Leap into the Future of Computing", Medium, <https://medium.com/@ford/why-ford-is-taking-a-quantum-leap-into-the-future-of-computing-453128a2ea9f> (2020年5月29日閲覧)
2. Ken Washington, "Modern CTO Podcast with Ford CTO - Ken Washington", Modern CTO, [https://www.youtube.com/watch?v=JrGD\\_XW0vTQ#t=36m39s](https://www.youtube.com/watch?v=JrGD_XW0vTQ#t=36m39s) (2020年5月29日閲覧)
3. ネイサン・ベネット, G・ジェームズ・ルモワン, 「VUCA」の本当の意味, Diamond Harvard Business Review, August 2016, pp. 6-7
4. Microsoft Quantum Team, "OTI Lumionics: Accelerating materials design with Azure Quantum", Microsoft Quantum Blog, <https://cloudblogs.microsoft.com/quantum/2020/01/21/oti-lumionics-accelerating-materials-design-microsoft-azure-quantum/> (2020年4月16日閲覧)
5. Xanadu, "BMO Financial Group and Scotiabank Partner with Xanadu on Quantum Computing Speedups for Trading Products", PR Newswire, <https://www.prnewswire.com/news-releases/bmo-financial-group-and-scotiabank-partner-with-xanadu-on-quantum-computing-speedups-for-trading-products-300904106.html> (2020年4月16日閲覧)
6. Kefeng (Kevin) Hua, "QuPharm - Pharmaceutical Companies Form Alliance to Share the Risks and Rewards of Quantum Computing", LinkedIn, <https://www.linkedin.com/pulse/qupharm-pharmaceutical-companies-form-alliance-share-risks-hua/> (2020年6月2日閲覧)
7. Ken Washington, "Mass Navigation: How Ford Is Exploring the Quantum World with Microsoft to Help Reduce Congestion", Medium, <https://medium.com/@ford/mass-navigation-how-ford-is-exploring-the-quantum-world-with-microsoft-to-help-reduce-congestion-a9de6db32338> (2020年5月29日閲覧)

### 【問合せ先】

独立行政法人情報処理推進機構  
社会基盤センター イノベーション推進部  
先端リサーチグループ  
E-mail : [ikc-ar-info@ipa.go.jp](mailto:ikc-ar-info@ipa.go.jp)  
電話 : 03-5978-7522