

今回は、量子コンピュータ三部作の最終回です。今回は「開発上の課題」、「今後の展望」、その他についてお伝えします。

量子コンピュータ開発上の課題

量子コンピュータに関しては、理論上はかなりの水準まで研究開発が進められていますが、実機製造・稼働段階になると課題が山積しており、万能量子コンピュータの本格的な実用化・産業化にはなお数十年は必要とされています。

1. ノイズとエラーの制御

量子コンピュータの基本素子である量子ビットはノイズに弱く、計算中にエラーが発生しやすいため、それを制御する技術が必要です。しかし量子エラー訂正技術の確立は未だ道半ばの状態です。因みに50量子ビットで1,000ステップの計算を行った場合のエラー率は、2022年の時点で63%に達していました。エラー訂正には、最低でも100万量子ビットの集積が必要と見積もられています。

2. 量子ビットのスケラビリティ(拡張性)

量子コンピュータは、より多くの量子ビットを制御できるようにスケラブル(論理・物理量子ビットが拡張可能)なシステムが求められます。現在の技術では数十～数百個の量子ビットしか制御できないため、量子ビットの集積度を向上させる技術が必要になります。

3. 信頼性と堅牢性の確保

量子コンピュータは非常にデリケートなシステムであり、外部の干渉や環境の変化に敏感です。信頼性と堅牢性を確保するため、適切な環境下で動作させる必要があります。開発の代表格である超電導量子コンピュータは、「≒絶対零度」環境を必要とします。

4. ハード面およびコスト

超伝導量子コンピュータの場合、現在の技術で仮に100万個の物理量子ビットを集積化すると会議室ぐらいのサイズになります。そのため、同サイズの希釈冷凍機を装備する必要があるため、それを製造・維持するコストは莫大な金額になってしまいます。

量子技術応用の今後の展望

各国における研究開発の進展によりいずれ各種課題が解決され、量子コンピュータが本格的に社会実装される時代が来ることは間違いありません。将来的に量子技術の応用(導入)が期待されている各分野を以下に紹介いたします。

1. 物質科学や医薬品開発への応用

量子コンピュータの実用化により、物質科学や医薬品開発などの分野で大きな進展が期待されます。量子化学計算による物質の物性解析や、創薬などへの応用が可能になることで、新たな物質的技術開発や医療・医薬の進歩が期待されます。

2. セキュリティの向上

量子コンピュータは従来の暗号技術を破る可能性を持ちますが、同時に新たな暗号技術の開発も期待されます。今後量子暗号技術や量子セキュリティの研究が進み、セキュリティの向上が期待されます。

3. 社会インフラの最適化

量子コンピュータの高速な計算処理能力を活用することで、社会インフラ最適化の実現が見込まれます。交通システムの効率化やエネルギー供給の最適化など様々な分野で応用されることにより、インフラコストの削減や環境負荷の軽減が期待されます。

4. 産業分野での活用

量子コンピュータの実用化により、新たな産業の創出や既存産業の革新が期待されます。量子コンピュータの能力を最大限に活かし、データ解析や最適化などの課題に取り組むことで、各産業分野における競争力の向上が期待されます。

量子・古典ハイブリッド運用

未解決課題が山積していることから万能量子コンピュータの完成は、次々世代(60年後?)まで待たなければならないとの予測もあります。これに対して現状可能な範囲で量子技術を利用する「量子・古典ハイブリッドコンピューティング(両者の良いとこ取り)」手法で対応を図る動きが出てきています。本年5月に理化学研究所を中心とした共同研究グループは、国産量子コンピュータ「叡(えい)」とスーパーコンピュータ「富岳」の連携利用を実証し、原理の異なるコンピュータ間の連携によって計算可能領域が拡大する可能性を示しました。また同時期にIBMも、同社製量子コンピュータと「富岳」との連携計画を公表しています。

古典コンピュータの未来は？

量子技術に対する過度な期待がある一方で、次のような見方も主張されています。『複雑系の情報処理は将来的に量子コンピュータの専門分野となるが、情報を扱う我々自身の知覚は古典力学から解放されないため、万能量子コンピュータの登場後も情報処理の窓口となる端末機は、依然古典コンピュータであり続ける。』との見方です。我々の知覚やインターフェースに関する限界は、古典的な物理の枠内に収まる部分が多く、ユーザーインターフェース(パソコンやタブレットなど)が必ずしも量子化されるとは限りません。量子コンピュータが複雑な情報処理に特化しクラウド型でバックエンドに設置される一方、フロントエンドの端末は従来の技術を高性能化した形で使われ続けるという見方は、現実的な予測と言えるのではないでしょうか。

よって現在パソコン、タブレット等で使用されている各種装置(CPU、記憶装置(SSD、HDD))や各種半導体などは、今後も各企業でよりハイレベルな研究・開発・生産が継続され、高速化・高密度化・大容量化・高性能化した必須部材としてICT製品の中で存在し続けるものと予想します。

3回に亘り「量子コンピュータ」についてお伝えいたしました。我々にとって量子コンピュータは、今のところ「？的な存在」であることは否定できません。しかし政府の支援の下、各企業・研究機関・大学では日々研究開発が進められ、一部実機が市場公開されるなど実用化に向けた取り組みが加速しています。1995年にWindows95がリリースされてから来年で30年です。この間の技術進歩を当時誰が正確に予測出来たでしょうか？ 今後の30年では、それ以上の技術革新が成し遂げられることが期待できます。皆さんは、目の前に迫っている「Quantum Innovation」の大きな波を捉える準備を既に始めていますか？ 本年も1年間ありがとうございました。来年の皆様のご多幸を心よりご祈念いたします。