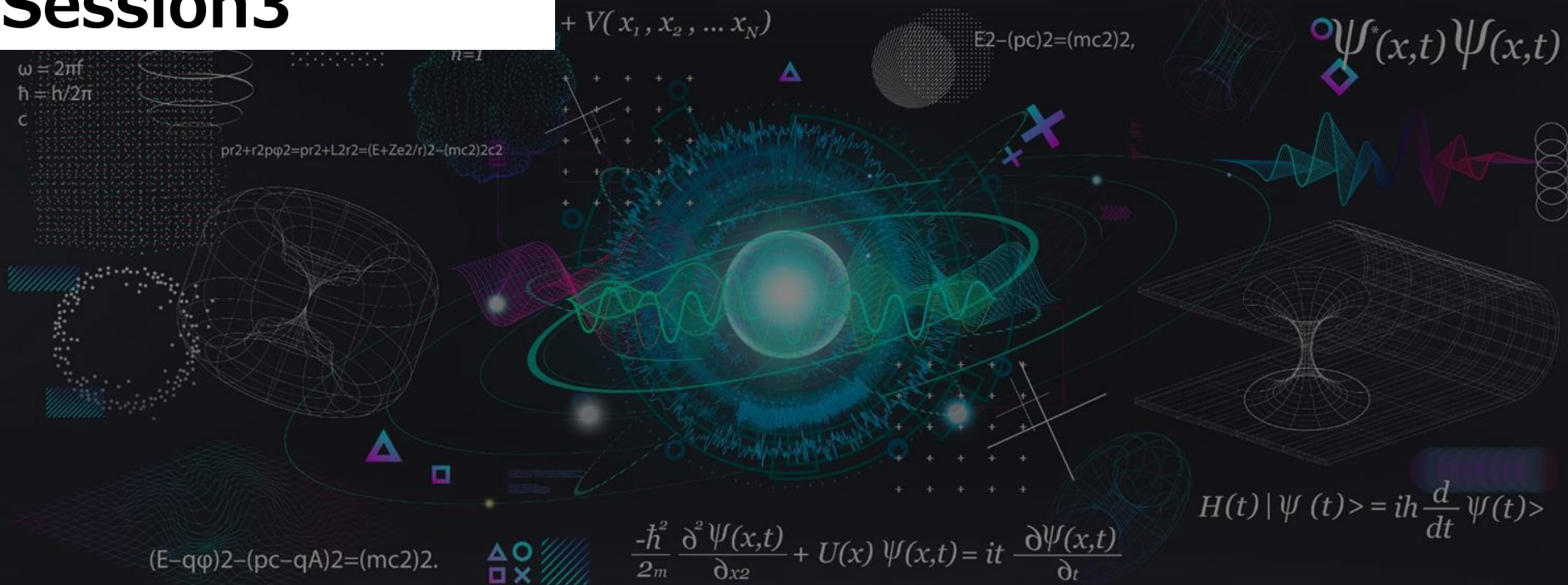


Session3



量子・AIハイブリッド技術に関する入門的内容

2023年 2月28日

株式会社長大 高野秀隆

量子コンピュータについて

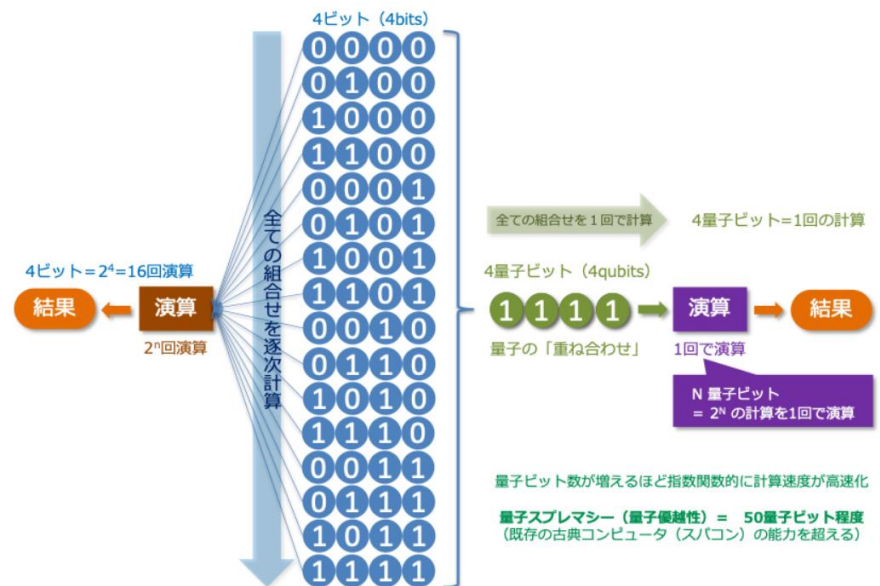
量子コンピュータとは、「量子重ね合わせ」や「量子もつれ」といった量子力学の現象を利用して並列計算を実現するコンピュータです。古典コンピュータでは答えの導出に膨大な時間を要する問題でも、量子コンピュータでは短い時間で解けるようになる可能性があります。そのため、様々な分野での活用が期待されています。

図1 古典コンピュータの「ビット」と量子コンピュータの「量子ビット」の違い



出所：三菱総合研究所

図2 量子重ね合わせによる超並列計算

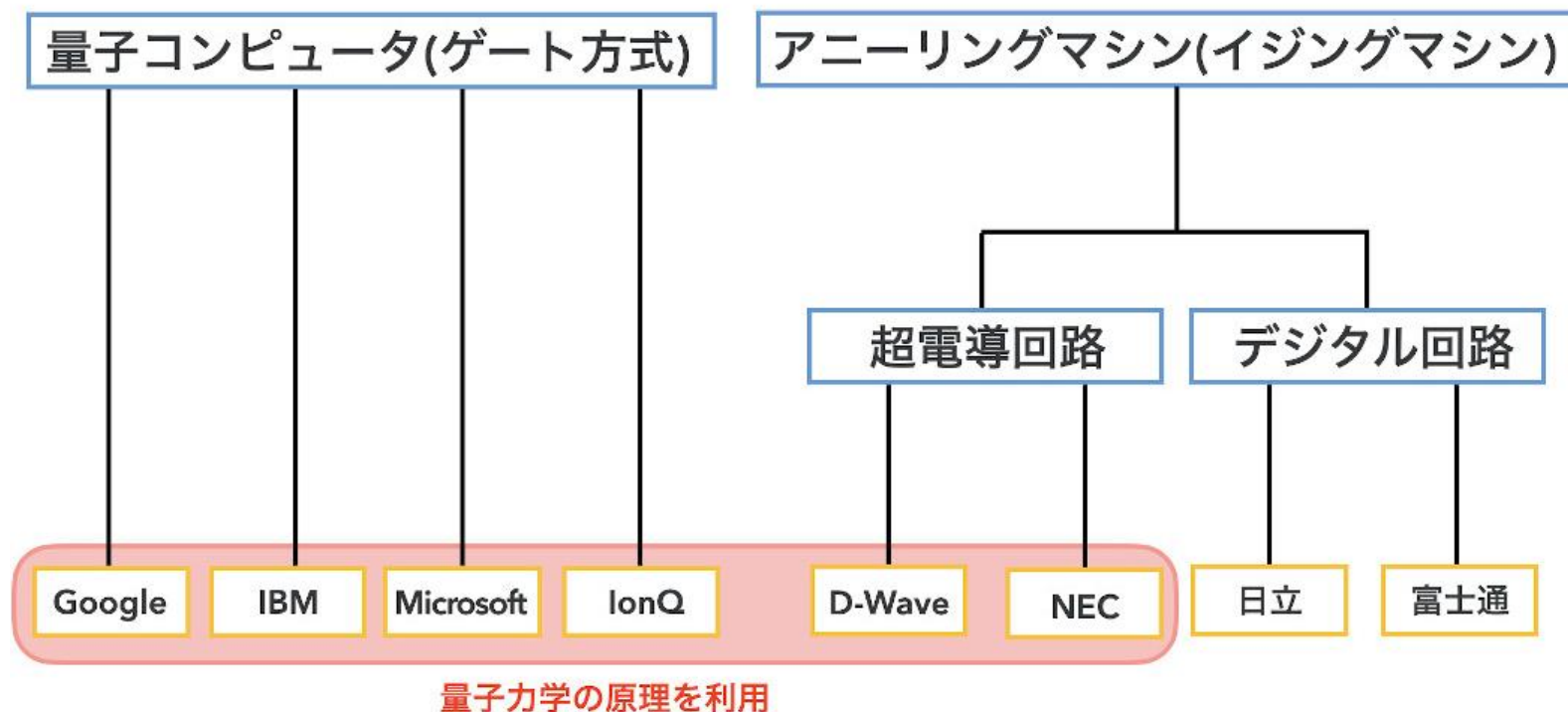


出所：ネットコマース株式会社

量子コンピュータの種類について

量子コンピュータは大きく分けて、量子ゲート方式と量子アニーリング方式の2種類があります。

図3 量子コンピュータの種類



出所：さくらインターネット

量子ゲート方式について

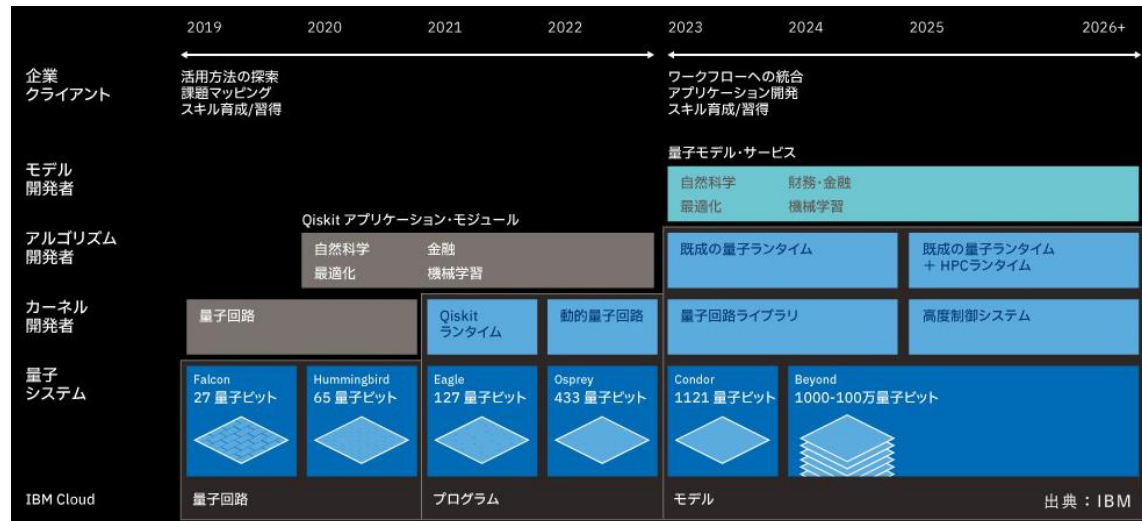
- 「量子ゲート方式」は量子ゲートと呼ばれる基本的な演算を量子ビットに順々に施していくことで計算処理を実現する方法です。この量子ビットに量子ゲート演算をどのように施していくかという手順を図示したものを量子回路と呼びます。
 - 「量子ゲート方式」は原理的には古典コンピュータで可能な計算はすべて可能であり、特定の問題に対しては古典コンピュータより遥かに高速に計算処理が可能なことが知られています。
 - 「量子ゲート方式」による量子コンピュータを使えば従来型のコンピュータでできない計算を処理できるという期待から、グーグルやIBMなどの大手ITベンダー、またリグゼッティ・コンピューティングやIonQなどのスタートアップがハードウェアの開発を進めており、超電導やイオントラップ、トポロジカルなど様々な実現手法が提案されています。
-

量子ゲート方式について

図4 IBM Quantum System One

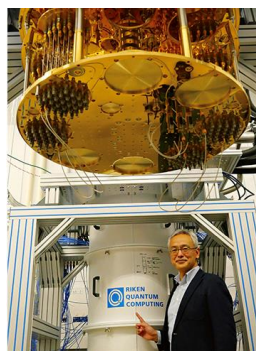


図5 IBM量子コンピュータ開発ロードマップ



出所：日本経済新聞

図6 理化学研究所開発中の超電導型量子コンピュータ



2021年4月1日、理研に量子コンピュータ研究センター（RQC）が発足。

量子コンピュータの情報単位である「量子ビット」を世界で初めて固体素子で実現した中村泰信センター長のもと14の研究室が集結し、日本の量子研究を牽引して、世界的な研究の進展に貢献しようとしている。

出所：理化学研究所

図7 blueqat開発中のシリコン型量子コンピュータ



量子コンピュータの産業化が急速に進展しており、世界では小型の量子コンピュータの研究開発が既に始まっている。

次世代の量子コンピュータの産業化開発を加速化を目指し、小型の量子コンピュータをシリコン半導体技術をベースに開発するための基礎を確立することを目的として、日本国内の企業を中心にオープンに試作機開発を行うための基礎的な活動を展開中。

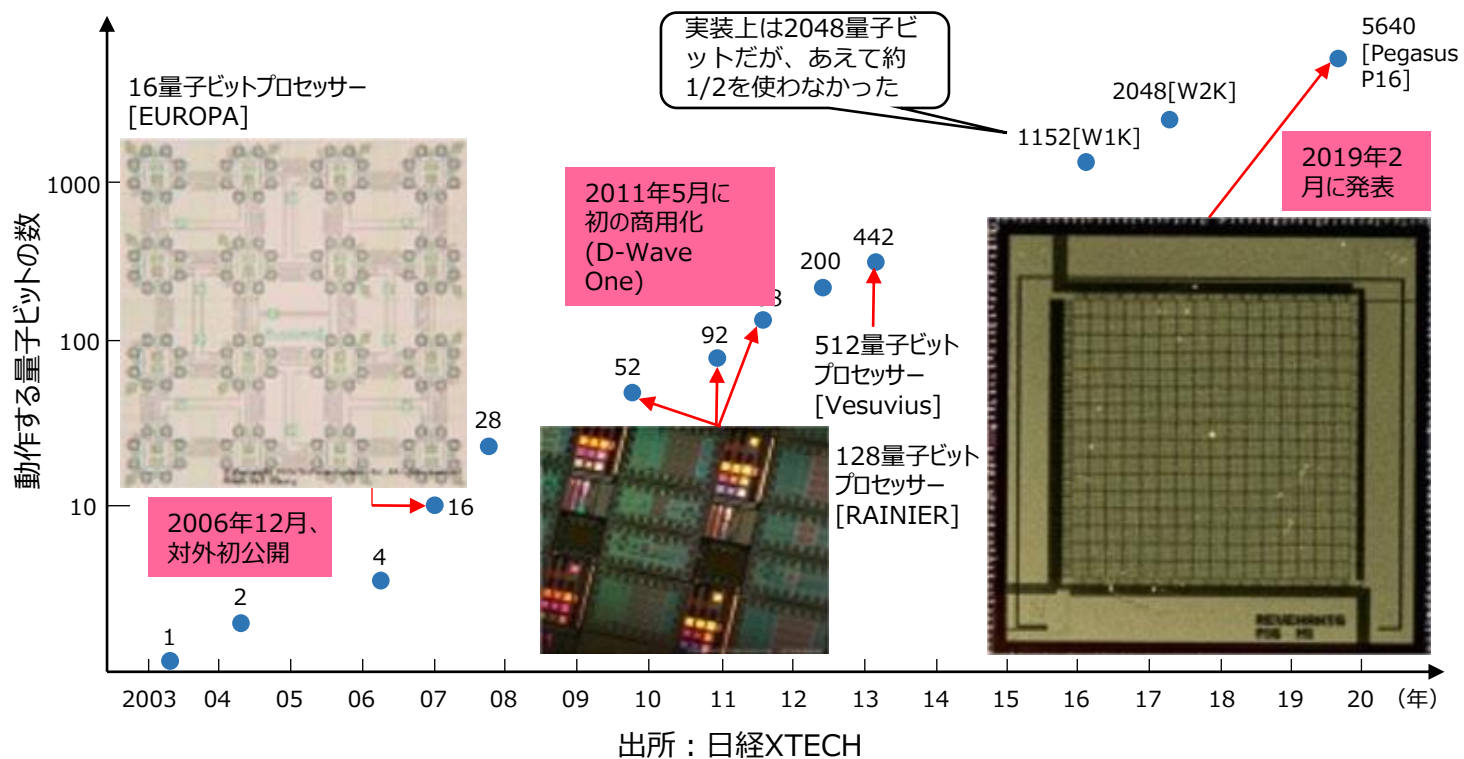
出所：blueqat

量子アニーリング方式について

- 1998年に門脇氏と西森教授が「横磁場イジングモデルの量子アニーリング」を提唱し、これに着想を得たカナダのD-Wave社が量子アニーリングマシンを発売しました。
 - 量子アニーリングマシンは磁場の操作によって解を求めることができ、ノイズに強いという特徴を有します。
 - Microsoftも小規模なQAマシンを開発し、富士通や日立製作所などもSAを専用回路に実装したイジングマシンを開発しました。
 - 量子アニーリングマシンは組合せ最適化問題に特化していると言うと、応用範囲が非常に限定されているイメージがありますが、社会には多数の場所で組合せ最適化問題が存在します。例えば、AIを活用した新材料の開発などは有望な適用領域と期待されています。
-

量子アニーリング方式について

図8 D-Wave Systems社の量子アニーリングマシンの量子プロセッサ開発の歴史



約16年で5640量子ビットに到達しました。当初は約1年半で約2倍、最近は約2年で2倍弱のペースで量子ビット数を増やしています。次は「7000量子ビット」になる見通しです。

量子ソフトウェア・アルゴリズムの開発状況について

図9 国内量子ソフトウェア開発会社マップ

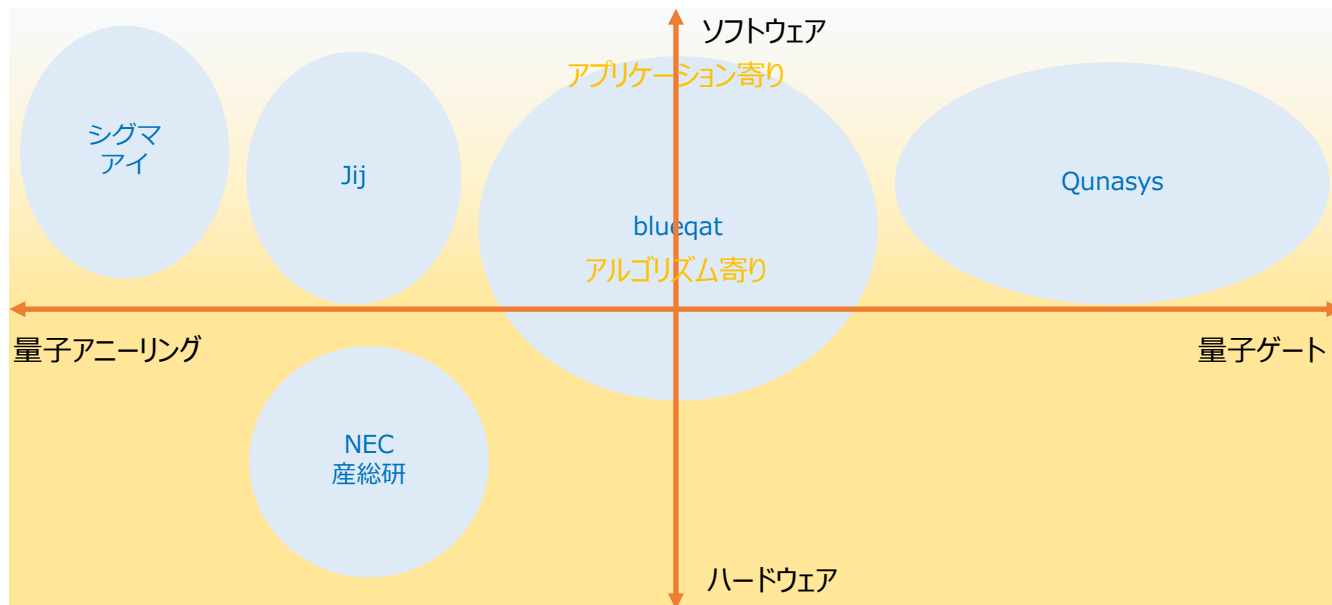


表1 量子コンピュータで扱える問題概要

	アニーリング型	ゲート型
組合せ最適化計算	○	○
素因数分解	×	○
データベース検索	×	○
機械学習	△（ボルツマン機械学習）	○
化学シミュレーション	×	○
四則演算	×	△（無理やり組めばできるが得意ではない）

量子 + 古典AIとは？

「量子 + 古典AI」とは、量子コンピューティング技術と従来の人工知能（AI）技術を組み合わせたものを指します。

量子コンピューティングは、従来のコンピュータ技術では解決できないような大規模な計算問題に対応するための高速な計算技術です。一方、従来の人工知能（AI）技術（古典AI）は、膨大なデータを分析して推論することができます。

このような組み合わせにより、例えば、量子コンピュータによる大規模なデータ分析結果をもとに古典AIで処理を行い、より高精度な人工知能システムを開発できる可能性があります。

本稿執筆時点の機械学習技術においては、さまざまな成功例がありつつ、精度不足・長大な学習時間・学習データ不足・技術者不足など、改善を要する問題の解決に向けた研究が行われており、絶えず手法提案がなされている現状にある。

このような現状において量子アニーリングを用いた改善手法提案も出されており、現在一線級のアлゴリズムに対する精度向上、学習時間短縮、少ない学習データでも安定した性能の発揮、勘と経験に重きを置かれていた特徴量エンジニアリング工程の高精度化等が報告されている。これらの研究の進展により古典機械学習の予測精度の不足、長大な学習時間によって採用を見送った業務要求の実現に寄与する可能性がある。ただし機械学習における広大な手法に対する網羅的な研究はいまだ果たされておらず研究段階であることに留意して本領域への量子技術の適用を検討する必要がある。

業務課題への対応について

業務課題対応のためのシステム化検討を実施する場合、以下の内容を考慮する必要があります。また、エンジニア担当者が主担当者となり、要求分析、ソリューションアセスメント、計画の実施等の業務課題対応における量子技術活用の検討を実施します。

表2 業務課題におけるシステム検討における量子技術活用検討

主担当者	項目		内容
ビジネス担当領域	事業企画		事業課題
			投資判断
エンジニア担当領域	システム化	要求分析	量子技術の活用が適当なシステム要求 ⇒詳細は「ビジネスアナリシスの説明」参照。
		ソリューションアセスメント	実現に必要なソリューション候補と適切な評価 ⇒詳細は「ビジネスアナリシスの説明」参照。
		計画	量子技術の特性を踏まえた計画 ⇒詳細は「ビジネスアナリシスの説明」参照。
	実装		実効性のある実行体制
			効果的な手法