

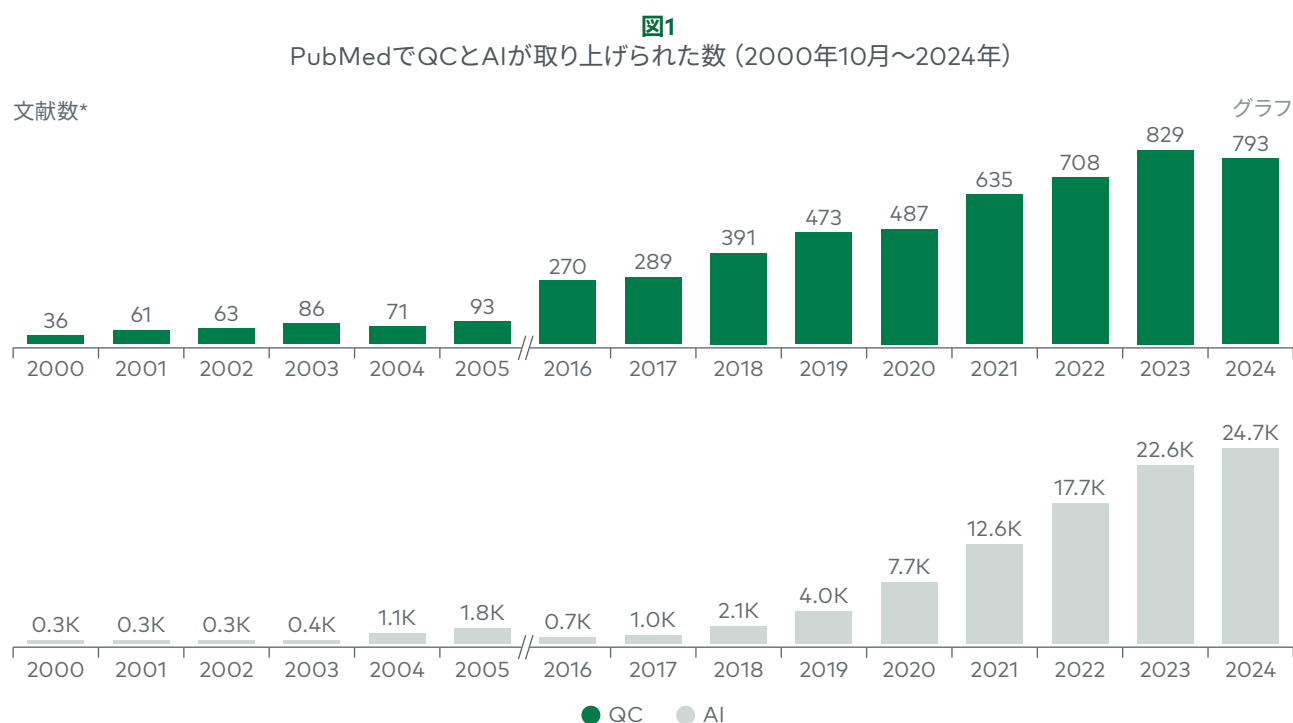
エグゼクティブインサイト

バイオ医薬品と量子コンピューティング： 今後の展望と戦略的洞察

量子コンピューティングー バイオ医薬品にどのように役立つか？

臨床基準の引き上げ、複雑な薬剤モダリティへの需要増加、開発期間の長期化により、新規分子化合物の開発はますます困難になってきています。新規化合物1件あたりの年間研究開発費（創薬から上市まで）は推定で15億米ドル～35億米ドルに達し、上位15社の製薬会社の年間研究開発費は2010年以来およそ約1.5倍に増加し、2030年までに最大180億ドルに達すると予測されている。¹ さらに課題を複雑化させているのは、米国におけるインフレ抑制法(Inflation Reduction Act)により製品ライフサイクルが短縮されることから、イノベーションの加速を求められている点であります。加えて、2030年までのバイオ医薬品の特許期限切れによって、2,000億米ドル以上の収益がリスクにさらされる可能性があります。

人工知能（AI）や量子コンピューティング（QC）分野における技術的進歩は、バイオ医薬品業界が直面するスループットや支出の課題解決に役立つ可能性があるのでしょうか？文献数の増加傾向からも明らかのように、過去5年間でAIは急激に成長しており、量子コンピューティングもその後に続いています（図1参照）。量子コンピューティングは量子力学の原理を活用し、従来型コンピューティングよりも指数関数的に高速で情報を処理します。かつてない処理能力と問題解決能力により、量子コンピューティングとAIがバイオ医薬品業界にもたらす変革の可能性は計り知れません。



*検索キーワードには「quantum computation」「quantum computational」「quantum computer」「quantum computers」

「quantum computing」が含まれる

注：QC = 量子コンピューティング、AI = 人工知能

出典：PubMed、L.E.K.による調査・分析

これまでのところ、AIはその相対的な成熟度、利用しやすさ、そして市場への準備状況のために、これまでに多額の投資を受けてきました。しかし、AIの成長が量子コンピューティングの損失になるわけではありません。量子コンピューティングとAIは補完的な関係にあります。量子コンピューティングは、AIシステムの学習と推論を高速化し、従来型コンピューティングでは困難であった方法でデータを処理できる能力を可能にします。これにより、現在得ることができないコンピューターの可能性を引き出すことができます。

量子コンピューティングへの投資は世界的に拡大しています。量子コンピューティング市場への累計投資は官民双方によって支えられており、米国で約80億米ドル、中国で約150億米ドル、そして英国・フランス・ドイツを合わせて約143億米ドルに達しています（2024年時点）。一方で、量子技術への民間投資は、資金調達環境の逼迫や金利の上昇により、COVID-19時の高水準から減少した（2022年の民間投資は全世界で23億ドル、2023年は約13億ドル）一方で、この10年間の量子関連の知的財産（IP）の開発は大幅に増加しています。

投資とIPの開発に加えて、量子情報の基本単位である量子ビット(qubit)を通じた量子コンピューティングの能力は劇的に向上しています。IBMは、2016年に5量子ビットのプロセッサからスタートし、2022年には433量子ビットのプロセッサを実現し、2025年には1,000量子ビット超を目指しています。この進展は業界全体に及んでおり、Google、IonQ、QuEraなどの企業も量子ビット容量において著しい改善を示しています。

量子コンピューティングとは？

量子コンピューティング (QC) は、量子力学の原理を利用して、従来型コンピューティングでは困難な複雑な計算を解くことを実現します。広範な量子科学領域の一分野として位置づけられます。

量子コンピューティング、量子科学、量子力学

量子コンピューティングは量子力学の原理を応用してし、従来とは根本的に異なる方法で情報処理を行います。これにより、従来型コンピューティングと比べ、特定のタスクにおいて指数関数的に高速な問題解決を行うことができます。これは、量子科学の中の学際的な分野であり、物理学、化学、工学の分野にわたって量子現象を幅広く研究する領域であります。

量子干渉

量子コンピューティングを可能にしている基本原理のひとつは量子干渉であり、これは量子粒子が波のような性質を持つことに由来します。これらの波の確率振幅を組み合わせることでパターンを形成することで、量子コンピューターは独自の方法で情報を処理することができます。

量子干渉の主な特徴は次の通りです。

- 計算の並列性：複数の解を同時に評価することを可能にし、特定の問題を扱いやすくします。
- 精度向上：正しい解を増幅し、誤りを制御することで、量子センシングの精度を高めます。
- コヒーレント制御：量子状態を精密に操作し、高度な量子論理や量子回路の実現を実現します。

量子干渉は、計算、通信、センシングにおける、量子アドバンテージを支え、情報処理に新たな洞察を提供します。

量子スタック

量子ネットワークに量子干渉を統合するためには、ハードウェア層とソフトウェア層を定義した構造を持つ量子スタックが必要です。これは量子コンピューティングの拡張性にとって極めて重要です。

量子スタックの概要

企業向けソリューション



- 信頼性、柔軟性、安全性の高いプロダクショングレード
- 顧客のプロダクションワークフローにシームレスに統合
- 顧客向けに迅速な開発と導入

注：API = アプリケーション・プログラミング・インターフェース、OS = オペレーティングシステム
出典：L.E.K.による調査・分析

量子ネットワーク

量子ネットワークは、量子力学を用いて量子コンピューターを接続することで、従来型の通信よりも優れます。バイナリデータの代わりに量子状態を伝送することで、これらのネットワークは安全性と性能が高い分散コンピューティングを可能にします。

量子ネットワークによるバイオ医薬品領域への潜在的なメリットは次の通りです。

- 臨床試験データ／リアルワールドデータ伝送の安全性確保
- 医薬品の関係者間の連携を可能にする相互運用性

創薬と臨床試験に用いる先駆的な量子コンピューティングアプリケーション

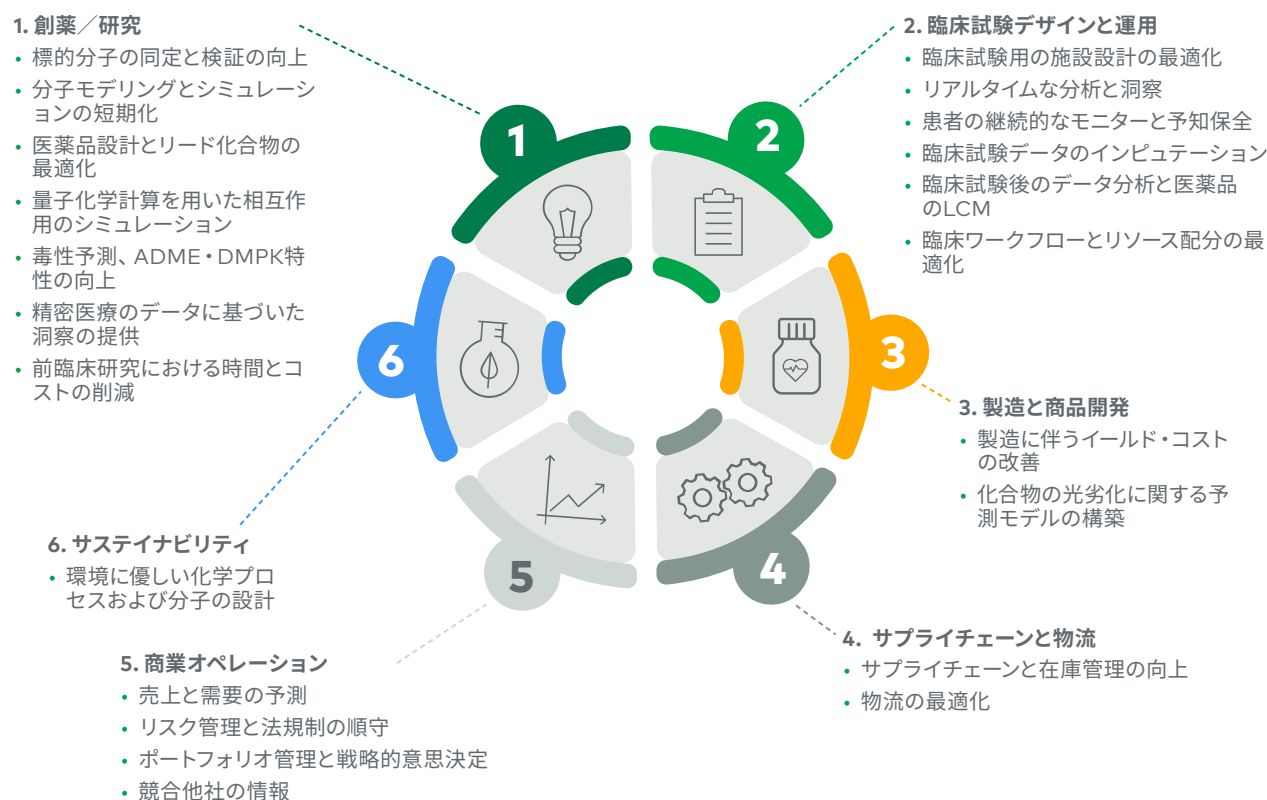
量子コンピューティングは、複雑なデータセットやシミュレーションを扱う際に、従来型コンピューティングが抱える限界を克服することで、バイオ医薬品のバリューチェーンを変革する可能性があります（図2参照）。特に大きな影響が期待される分野は、創薬及び研究開発です。分子は量子の法則に従って作用しており、その挙動は本質的に指数関数的に巨大な状態空間を扱うことを伴うため、従来型コンピューティングは膨大な計算コストを払って近似するしかありません。量子コンピューティングは、この固有の制約を直接的に解決します。また、量子強化型の生成モデルは広大な化学空間を従来型手法よりも迅速に探索することが可能であり、その結果、従来の従来型コンピューティングでは長年到達できなかった、新規の薬剤候補を発見することができる。これにより研究開発期間の短縮、コストを削減、成功率向上が期待されます。

臨床試験デザインとオペレーションにおいて、量子コンピューティングは複雑なゲノムデータ、バイオマーカー、実世界の患者データの解析することで、患者層別化や臨床試験最適化を強化することができます。量子機械学習は、個別化医療向けの最適な患者のサブグループの特定、臨床試験の失敗の低減、有効性予測の精度向上に役立ちます。量子最適化により、臨床試験施設の選定方法や適応型臨床試験デザインを改良し、効率を高めて、コストを削減につなげることができます。

研究開発を超えて、量子コンピューティングは、バリューチェーンの他の領域でも効率化を推進する可能性があります。量子コンピューティングは、製造やサプライチェーンのプロセスを最適化し、商業部門における予測分析の改善し、オペレーションの効率を高めて持続可能性を向上することができます。

まだ発展途上ではあるものの、バイオ医薬品産業が直面する最も計算負荷の高い課題に取り組む量子コンピューティングの能力は、画期的な効率化や、変革的な進歩につながる可能性があります。

図2
バイオ医薬品の6つの機能別領域と量子技術のユースケース



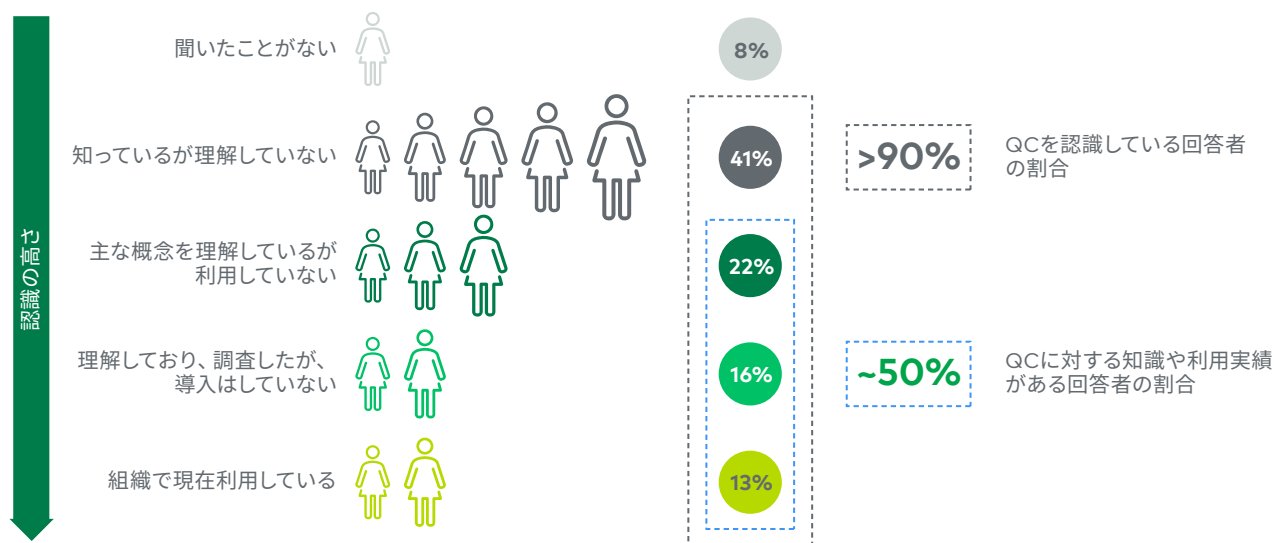
注：ADME = 吸収・分布・代謝・排泄、DMPK = 薬物代謝と薬物動態、LCM = ライフサイクルマネジメント
出典：L.E.K.による調査・分析

バイオ医薬品業界における関心の高まりが量子コンピューティング実用化への推進力となる

このような高付加価値の量子コンピューティングのユースケースが存在することから、L.E.K.コンサルティングが実施した米国および欧州のバイオ医薬品関係者約300名を対象とした調査で、90%以上が量子コンピューティングおよびその可能性を認識している結果は驚くべきことではありません。さらに、回答者の約50%（バイオ医薬品企業110社）が、主要な概念を理解しており、量子コンピューティングに触れた経験がある、あるいはその応用について調査したことがあると回答しました（図3参照）。

図3
バイオ医薬品業界におけるQCの認識

回答者の割合 (N=296)



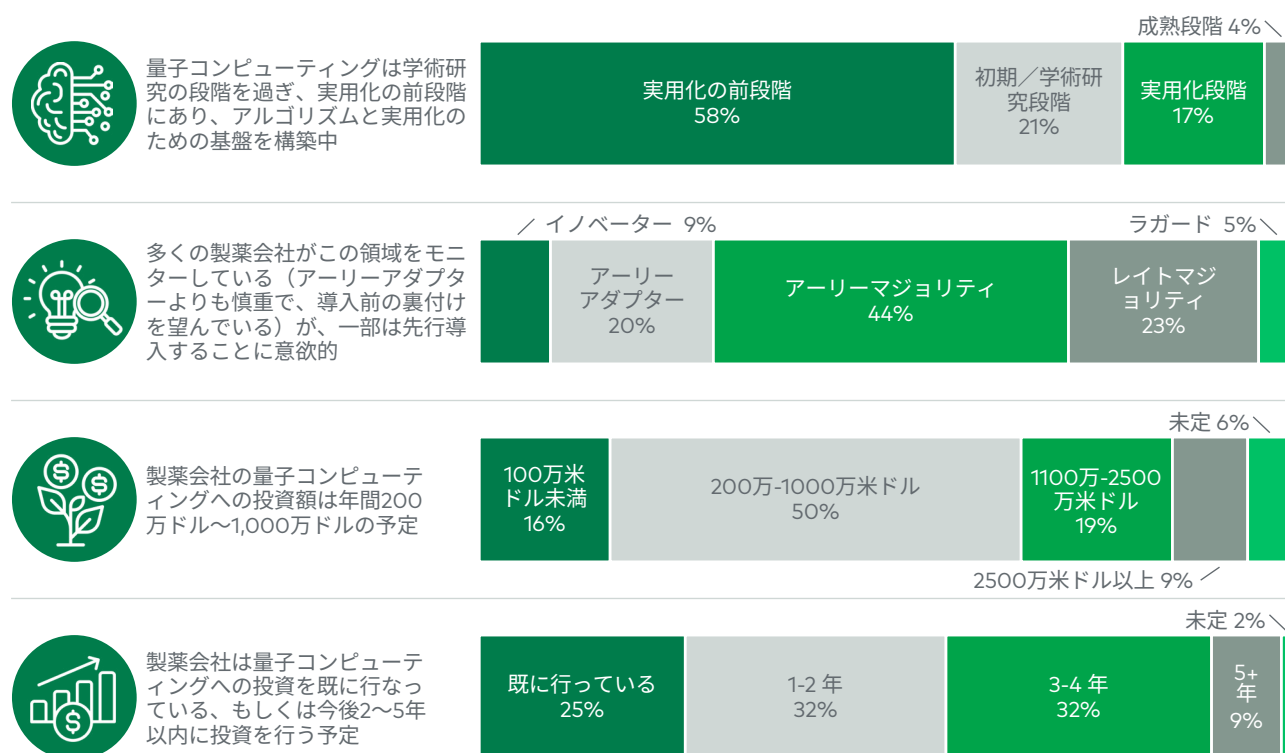
注：QC=量子コンピューティング

出典：L.E.K.によるバイオ医薬品の研究開発、販売、製造、医療、事業開発部門に携わる米国とEUの関係者を対象とした調査（L.E.K.によるバイオ医薬品と量子コンピューティングに関する調査）

今回の調査では、量子コンピューティングが大きな初期的発展を遂げており、学術研究段階から専門的な実用前の段階へと移行していることが示唆されています。この段階では、商業的価値を生み出すための基盤を築くべく、実用的なアルゴリズムやアプリケーションの開発に重点が置かれています。バイオ医薬品関係者のおよそ44%は「アーリーマジョリティ」であり、量子コンピューティング導入する前にエビデンスを待っている一方で、30%はイノベーターまたはアーリーアダプターとして、積極的にイノベーションを推進しようとしています。量子コンピューティングへの投資は今後拡大する見込みであり、製薬会社の50%が今後5年間には年間200万～1,000万米ドルの予算を計画し、20%の製薬会社が1,100万～2,500万米ドルを見込んでいます。これは、量子コンピューティングの利点に対する認識の高まっていることを反映しています（図4参照）。

図4

バイオ医薬品企業は、パートナーシップを通じて量子コンピューティングの活用能力を高めていくことが期待される



出典：L.E.K.によるバイオ医薬品と量子コンピューティングに関する調査

製薬会社は、製薬バリューチェーン全体にわたって量子コンピューティングの応用を試みており、まずは創薬と臨床試験に焦点を当てています（図5参照）。

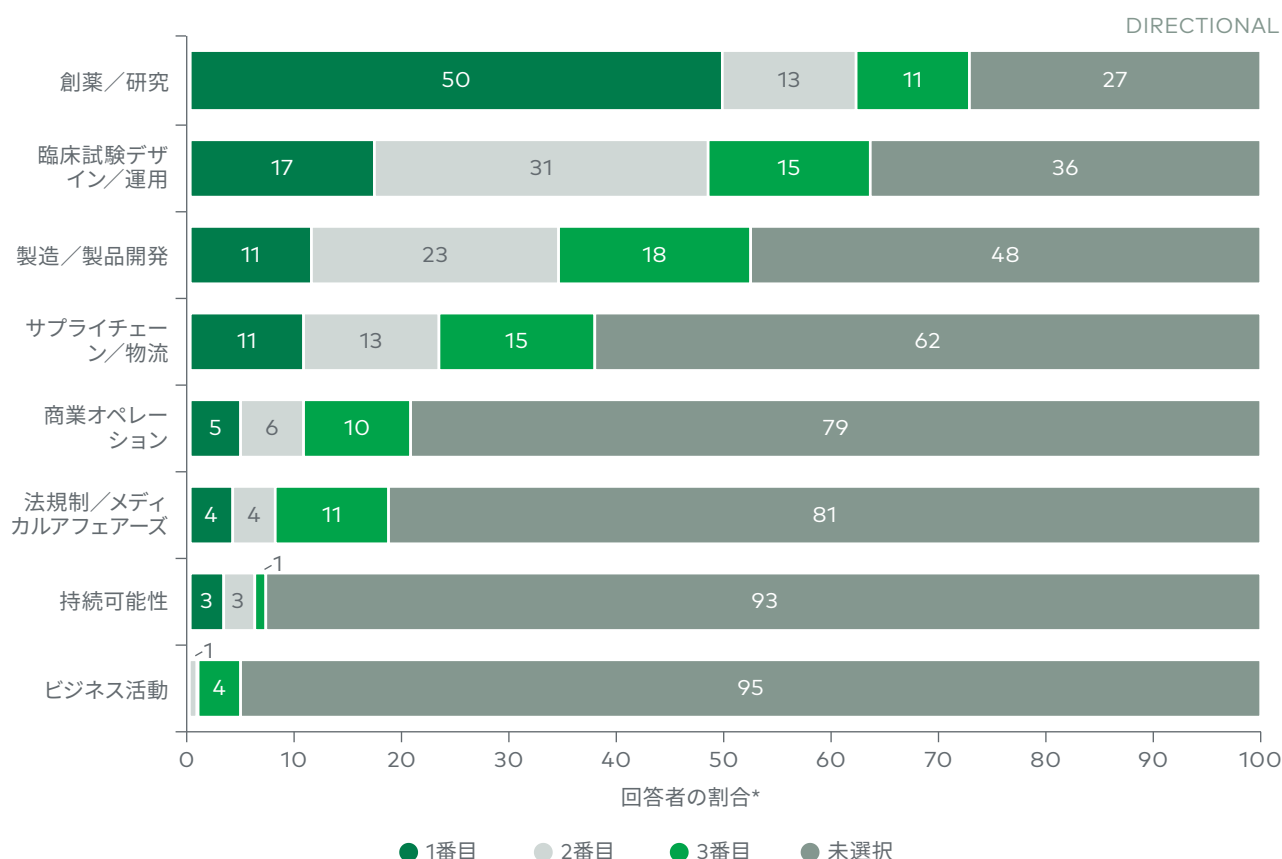
持続可能性、コマーシャル・オペレーション、製造、製品開発の分野におけるケイパビリティ拡張も、量子コンピューティング技術によって可能になると考えられます。しかし、各ユースケースでの具体的な影響や最適な量子コンピューティングのモダリティについては、まだ定義されていません。

ここ最近における量子コンピューティングの顕著な進歩は、バイオ医薬品企業に量子処理ユニットや量子技術のイネーブラー活用の必要性を高めている

この分野に高い関心と投資を背景に、量子コンピューティングの状況は急速に変化しており、エコシステム全体で大きな技術的進歩がみられています。2024年における大手テック企業の主なマイルストーンには以下が含まれます。

- IBMが、最先端の量子コンピューターQuantum Heron（156論理量子ビット）を発売
- Google Quantum AIが、超伝導量子計算システムのエラーを指数関数的に削減し、性能を向上させる新型量子チップWillowを発表

図5
QCによるメリットが大きいバリューチェーンの活動



量子コンピューティング専門企業による進歩も著しく、これらには次が含まれます。

- IonQの量子コンピューターTempoが2量子ビットのゲート忠実度において99.9%を達成し、トラップドイオン技術のリーダーとしての地位を築く
- Quantinuumは、システムモデルH2で、従来モデルよりも3倍の12論理量子ビットを達成

量子コンピューティングにおけるこれらの発展に伴いに、2つの主要なステークホルダーグループが台頭しています。それは、量子処理ユニット（QPU）を提供する企業と、量子コンピューティングのアクセスを可能にする、イネーブラーです。これらのステークホルダーは、量子コンピューティングの推進力と資金調達を牽引しています。AI関連企業との関わりと同様に、バイオ医薬品業界関係者は、量子コンピューティングエコシステムのプレーヤーと積極的に協働し、これらの技術を最大限に活用するとともにこの進化する分野で競争力を維持するべきであります（図6参照）。

図6
放射性医薬品の設計原理と種類



注：QC=量子コンピューティング
出典：L.E.Kによる調査と分析

特殊な市場での競争には戦略的パートナーシップが必要

量子コンピューティングエコシステムの複雑性が増す中で、ワークフローの統合を成功させるには、戦略的パートナーシップを通じてケイパビリティを構築することが不可欠になります。注目すべき協業例としては以下が挙げられます。

- **IBM Quantum、GSK、Moderna、AstraZeneca**：IBMの量子プロセッサHeronとCondorを使って伝令RNAの研究と臨床データのインプテーションを最適化
- **Google Quantum、Boehringer Ingelheim**：Googleの量子プロセッサSycamoreを使って創薬のための分子シミュレーションのアルゴリズムを探索

これらのパートナーシップは、製薬のワークフローへの量子コンピューティングの統合に対する業界の取り組みを強調しており、技術的課題を克服し、実用性を達成するため必要な協調的努力を浮き彫りにしています（図7参照）。社内の専門知識を構築し、外部パートナーシップを育成することは、必要な人材を迅速に活用するために極めて重要です。迅速に行動する企業は競争上の優位性を獲得し、この新興分野のリーダーとしての立場を確立することができるでしょう。

図7
大手製薬会社はQC関連組織と関係を築いている



注：QC=量子コンピューティング
出典：企業のプレスリリース

短期的な展望：量子コンピューティング、AI、従来型コンピューティングの組み合わせ

最も有望な短期的進展は、量子コンピューティングをAIおよび従来型コンピューティングと組み合わせたハイブリッドワークフローです。この組み合わせにより、核技術の強みを活かし、複雑なシステムのより正確なシミュレーション、強化された機械学習モデル、そして大規模データセットに対する高速かつ効率的なプロセス最適化が可能となります。量子コンピューティングが従来型コンピューティングやAIを補完し特に創薬と開発に飛躍的進歩をもたらすと期待しているバイオ医薬品業界関係者は70%を超えています。

例えば、Qubit Pharmaceuticalsは、低分子創薬におけるターゲット特性解析や分子動力学に量子コンピューティングを活用する一方で、AI駆動の生成モデリング、バーチャルスクリーニング、予測分析も同時に行っています。また、Qubit社はPasqal社と提携し、従来型コンピューティングと量子コンピューティングの両方を活用して、タンパク質、新規化合物、および水分子を高精度でモデリングしています。

さらに、IonQとAstraZenecaと連携し、AstraZenecaのBioVentureHub内にアプリケーション開発センターを設立し、創薬および開発における量子コンピューティングの進展を目指しています。加えて、IonQは、NVIDIA、AstraZeneca、AWSと協力し、計算ツールを活用した創薬の推進に取り組んでおり、AWSの従来の実装と比べて、分子シミュレーションで20倍の高速化を実現しました。これにより、量子加速型のバイオ医薬品開発及び材料科学の実現に道を開いています。

さらに、AIを量子コンピューターで実行するなどの進展も期待されていますが、実現までにはより長い時間を要すると見込まれています。

これからのバイオ医薬品と量子コンピューティング

量子コンピューティングの製薬業界への統合は創薬と臨床試験に革命をもたらす大きな可能性を秘めています。量子コンピューティングは、拡張可能なハードウェア、高度なエラー緩和及び訂正、そして専用のアルゴリズムを必要とする長期的（5～10年）な戦略的投資ではありますが、その提供する機会は非常に大きいものです。量子コンピューティングは予測分析を強化し、臨床試験設計を最適化し、新規治療法の発見を加速することで、創薬のスピードを高め、新薬の市場投入までの時間を短縮することができます。

人材獲得や急な学習曲線といった現時点での課題にもかかわらず、戦略的投資、パートナーシップ、AIとの統合により、製薬業界は量子コンピューティングの変革的な力を活用することが可能になります。今後も協力とイノベーションの継続が極めて重要になるでしょう。

バイオ医薬品業界の関係者は、量子コンピューティングの利点を効果的に活用し、競争力を維持するために、以下の重要な問いに取り組む必要があります。

- 自社では、特に研究開発など主要な機能での量子コンピューティングを施行し導入するための明確な計画を持っていますか？
- 研究開発の中で、量子コンピューティングに最も適したユースケースは何ですか？それらを特定する基準は何ですか？
- 量子コンピューティングの潜在的価値を研究開発で実現するために、外部パートナーシップや、共同研究と内部ケイパビリティのバランスをどのようにとるべきですか？
- 量子コンピューティングを効率的に導入するために、特に人材、ハードウェア、データ基盤、ソフトウェアに関して、どのような社内の運用モデル要件を満たす必要がありますか？
- 量子コンピューティングはどの程度AIと併用するべきですか？初期段階から統合（例：ハイブリッドなワークフロー）にすることに利点はあるのでしょうか？それとも、統合前に独立して運用すべきでしょうか？自社にとって最適なロードマップは何ですか？

これらの問いについて検討し、戦略的に量子コンピューティングへの投資することで、製薬業界は創薬、臨床開発およびオペレーション、サプライチェーン、製造の各分野において新たな機会を活用し、飛躍的な進歩を遂げることができます。

注：L.E.K.は、Google、IONQ、Qubitを含むAIおよび製薬分野の専門家への複数のインタビューを実施し、本調査結果の裏付けと洞察の補強を行いました。

詳細については、[こちら](#)までお問い合わせください。

巻末注

¹L.E.K.によるEvaluate Pharmaの分析

著者について

**Delia Silva、マネージングディレクター／パートナー、ボストン | De.Silva@lek.com**

Delia Silvaは、L.E.K.ボストンオフィス所属のマネージングディレクター兼パートナーであり、ライフサイエンスおよび製薬プラクティスを専門としています。特に成長戦略およびオペレーション&パフォーマンス (O&P) 領域に注力しており、CNS、希少疾患、感染症など、さまざまな疾患領域および製品モダリティにわたる豊富な知見を有しています。これまでに、組織のスケールアップや設計、製品ローンチ計画、ポートフォリオ成長戦略、市場参入評価、デューデリジェンス、コマーシャル戦略、Go-to-Marketモデルの構築など、多岐にわたるテーマでクライアントを支援してきました。

**Stuart Robertson、パートナー、ロンドン | S.Robertson@lek.com**

Stuart Robertson は、L.E.K.ロンドンオフィス所属のパートナーであり、同社のDisruptive Analyticsのリードを務めています。運輸業界を主な対象とし、事業運営者、設備・インフラサプライヤーに関する支援を行っています。特に官民セクター間の連携における専門性を有し、交通インフラ、価格設定および収益管理、輸送技術、消費者エンゲージメント、訴訟および紛争解決の分野で豊富な経験を持っています。

**Sej Brar、パートナー、ロンドン | S.Brar@lek.com**

Sej Brarは、L.E.K.ロンドンオフィス所属のパートナーであり、ライフサイエンスおよび製薬プラクティスのメンバーです。バイオ医薬品および医療機器企業に対し、企業戦略、投資アドバイザリー、オペレーション&パフォーマンス (O&P) に関するプロジェクトの実行を支援しています。特に、フランチャイズ／製品戦略、成長戦略、事業開発・トランザクション支援、コマーシャルエクセレンス、組織の有効性向上における専門性を有しています。

**Ethan Hellberg、コンサルタント、ボストン | E.Hellberg@lek.com**

Ethan Hellbergは、L.E.K.ボストンオフィス所属のコンサルタントであり、ライフサイエンス・プラクティスに従事しています。感染症、眼科、神経科学、腫瘍学などの疾患領域において幅広い経験を有しており、成長戦略、予測およびバリュエーション、ポートフォリオの優先順位付け、M&A、デューデリジェンスなど、多岐にわたるテーマでクライアントへの助言を行っています。

著者について



井ノ口雄大、パートナー、ライフサイエンスプラクティスチーム | y.inokuchi@lek.com

ライフサイエンス・ヘルスケアを専門とし、これまでに製薬、バイオテック、医療機器、コントラクターサービス、ライフサイエンスツール、コンシューマヘルスケア等のライフサイエンス業界を取り巻く国内外の幅広いクライアントに対して、成長戦略、組織戦略、トランザクションサポートを提供しています。L.E.K.以前は、東京とシンガポールのコンサルティングファームにおいて、日本企業・多国籍企業向けにアジア・パシフィックにおける成長戦略／事業開発戦略の策定を支援しました。

L.E.K. Consultingについて

L.E.K. Consultingは、ビジネスリーダーと協力して競争上の優位性を獲得し、成長をし続ける世界的な戦略コンサルティング会社です。当社の知見は、クライアントの事業が辿る道筋を再構築するきっかけとなり、可能性を明らかにし、クライアントが正念場を乗り越える力を与えています。1983年の設立以来、南北アメリカ大陸、アジア太平洋地域、欧州に至るまで世界的に展開し、グローバル企業から新興企業、プライベート・エクイティ投資家まで、あらゆる業界のリーダーを導いてきました。詳しくは lek.com をご覧ください。

L.E.K. Consultingは、L.E.K. Consulting LLCの登録商標です。この文書に記載されているその他すべての製品およびブランドの所有権は、各所有者にあります。©2025 L.E.K. Consulting LLC