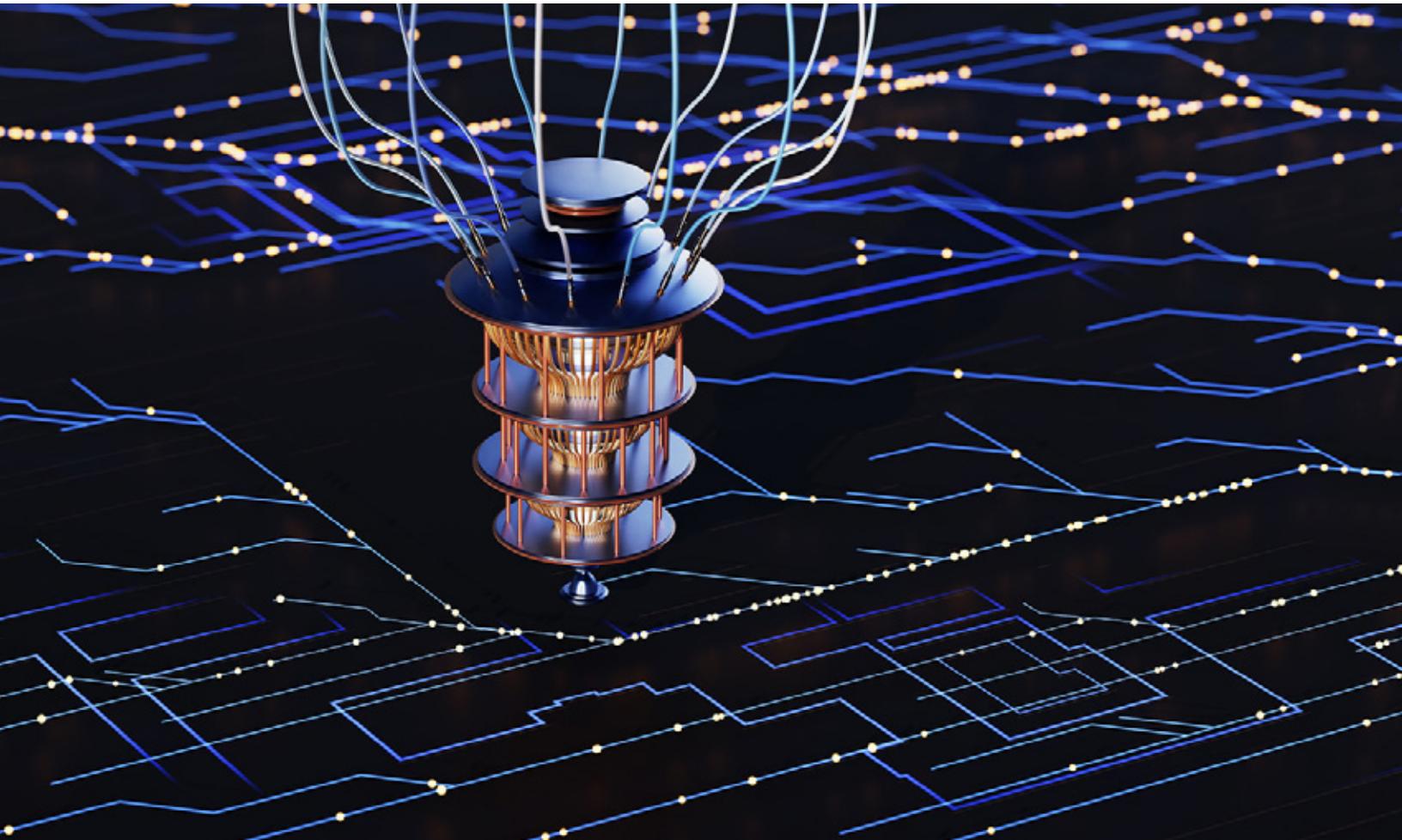


2025年、量子産業化元年： 概念から実現へ

マッキンゼーの第4回「量子技術モニター」年次報告書では、急速に拡大する投資と予想を上回る技術革新により、量子市場は今後10年で1,000億ドル規模に成長する可能性があることが示されている

著者 : Henning Soller, Martina Gschwendtner, Sara Shabani, Waldemar Svejstrup
監訳者 : Yunjie Zhang、工藤卓哉

2025年11月



量子技術(以下、「QT」)の分野では、投資が急増し、次々と新たなブレークスルーが生まれている。国際連合は、量子力学の誕生から100年を迎える2025年を「国際量子科学技術年(IYQ)」と定めた。マッキンゼーの調査においても、QTが世界的に注目を集めつつあることが確認されている。第4回「量子技術モニター(Quantum Technology Monitor)」年次報告書では、昨年度の主要な技術的ブレークスルー、投資動向、そして急速に進化する市場での新たなビジネス機会を取り上げている。

2024年、QT業界では、量子ビット(qubit)の「増加」から「安定化」へと焦点が移り始めた。これは重要な転換点であり、社会インフラを支えるミッションクリティカルな産業にとって、QTが近い将来、安全かつ信頼性の高い技術基盤の一部となり得ることを示唆している。こうした潮流を踏まえ、本年度の報告書では、急成長を遂げる量子通信市場を深く掘り下げている。量子通信は、QTの本格的な普及には不可欠となるセキュリティを確保する鍵となる可能性がある。

マッキンゼーの最新の調査によると、QTを支える三つの主要分野、すなわち量子コンピューティング、量子通信、量子センシングは、2035年までに世界全体で最大970億ドルの収益を生み出す可能性がある。中でも

量子コンピューティングがその大半を占め、2024年の40億ドルから2035年には最大720億ドルに達すると見込まれている(コラム「量子技術(QT)とは」を参照)。QTは様々な産業に影響を及ぼすと考えられるが、特に化学、ライフサイエンス、金融、モビリティ分野において顕著な成長が期待されている。

マッキンゼーは、QTの3分野それぞれについて2035年時点の世界市場規模を予測すべく、詳細な分析を実施した。その結果、2035年には、量子コンピューティングが280～720億ドル、量子通信が110～150億ドル、量子センシングが70～100億ドルの市場規模に成長する可能性があることが判明した。これらを合計すると、QT全体の市場規模は最大970億ドルに達する見込みである。

この成長は減速の兆しがなく、2040年にはQT市場全体が1,980億ドル規模に拡大する可能性がある。なお、今後10年間におけるQTの技術進歩の度合い、普及率、規模拡大の機会に大きな差が生じる可能性があるため、市場規模の推計値は幅を持たせて提示している(コラム「本報告書について」を参照)。

量子技術(QT)とは

QTは、以下の3つの主要分野で構成されている。

- **量子コンピューティング**: 量子力学の応用した新しい計算パラダイムであり、特定のアプリケーションにおける性能を飛躍的に高め、従来の古典コンピュータを超える新たな計算領域を切り開くものである
- **量子通信**: 量子情報を遠隔地間で安全に伝送する技術であり、仮に無限の量子計算能力を有する攻撃者が出現した場合でも、通信の安全性を確保できる可能性を備えている。
- **量子センシング**: 量子システムに基づく新世代のセンサー技術。電磁場、重力、時間などの様々な物理量を、従来のセンサーよりもはるかに高い感度で測定することができる

高まる投資の機運

スタートアップへの資金供給が拡大

民間投資家や公的投資機関は、QTのスタートアップが実際に価値を創出する段階に入ったと確信しつつある。2024年には、世界のQTスタートアップにほぼ20億ドルの資金を投入しており、前年の13億ドルから約50%増加している。ベンチャーキャピタルおよびプライベートエクイティによる民間資金は全体の3分の2(約13億ドル)を占めたが、前年比で19ポイントの減少となった。一方、公的資金はその分を補う形で19ポイント増加し、2024

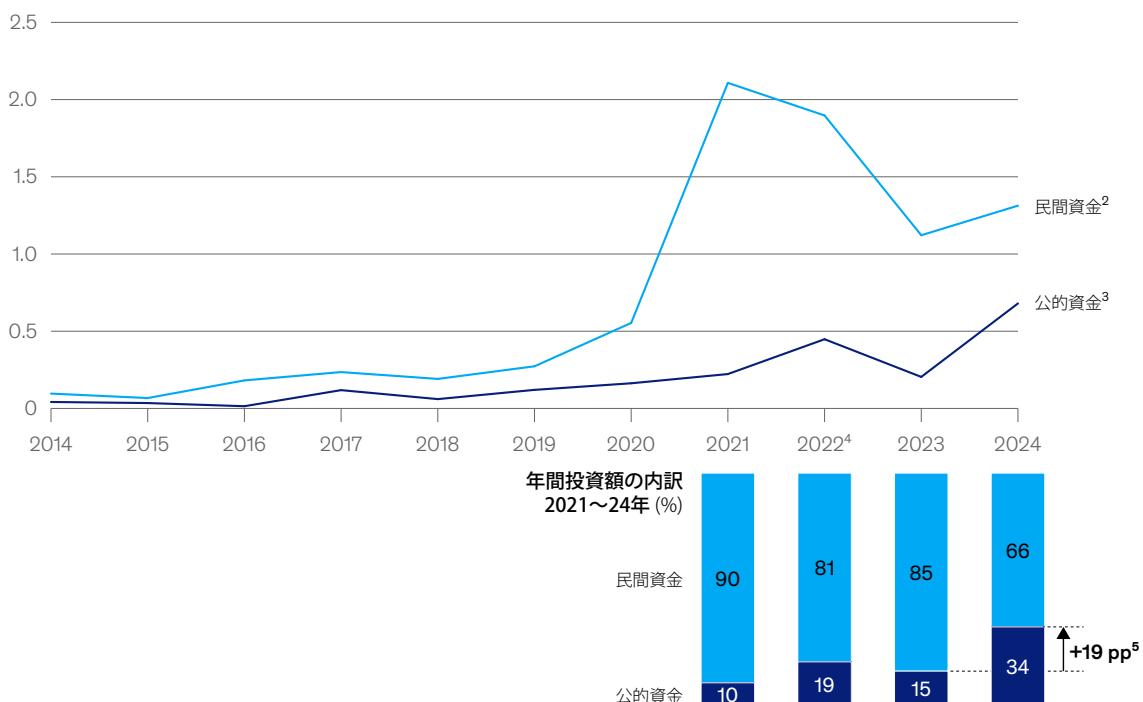
年の全体の34%(6億8,000万ドル)を占めた(図表1)。この結果は、QTの潜在的な可能性に対して、各国政府の投資意欲が急速に高まっていることを示している。

2024年にQTスタートアップへ投資を行った主な民間・公的機関として、ソフトバンクによるQuantinuumとの提携や、アラムコによるPasqalへの投資などが挙げられる。その他、産業技術総合研究所(AIST)によるQuEraおよびIonQとの連携、カタール投資庁によるAlice & Bobとの提携も、この分野における代表的な大型投資事例である。

図表1

QTスタートアップに対する公的投資は、2023年から2024年にかけて19ポイント増加した

資金源別、QTへの投資額の推移(2014~2024年¹;十億ドル)



¹PitchBookに記録された投資データに基づく。ただし、投資種別の詳細が不明な案件を除外しているため、実際の投資額はこれを上回る可能性がある。なお、中国のスタートアップ投資に関するデータは限定的。²ベンチャーキャピタル、ヘッジファンド、企業、エンジェル投資家、アクセラレーターによる投資を含む。³政府、政府系ファンド、大学などからの投資を含む。⁴その他の未分類の資金データは除外。⁵「pp」はパーセンテージポイントを示す。

資料: PitchBook

本報告書について

マッキンゼーは、急速に進化する QT の動向を継続的に追跡するため、2021 年に量子技術に関する年次報告書 (Quantum Technology Monitor) を創刊した。この報告書は、量子コンピューティング、量子通信、量子センシングという 3 つの主要分野を分析対象とし、分析は公開データ、専門家へのインタビュー、およびマッキンゼー独自の分析など、多様な情報源に基づいて実施した。結論および推計値は、市場データベースとの照合に加え、投資家レポート、プレスリリース、専門家の見解を踏まえて検証を行った。ただし、すべての取引額が公開されているわけではなく、またデータベースも継続的に更新されているため、本調査はスタートアップ、資金調達活動、投資内訳、特許・論文などを正確かつ完全に網羅しているものではない。本稿はその 2025 年度版の内容を要約したものである。

レイター（後期）ステージにあるスタートアップ、PsiQuantum と Quantinuum の 2 社が 2024 年における総投資額の半分を獲得していることから、投資家が成熟した有望スタートアップの継続的な成長に強い信頼を寄せていることを示している。マッキンゼーの調査によると、このような成長はすでに現実のものとなっており、量子コンピューティング関連企業だけでも、2024 年に 6 億 5,000 万～7 億 5,000 万ドルの収益をあげており、2025 年には 10 億ドルを超えると予想されている。この収益の急増は、民間産業および防衛分野において、量子ハードウェアの導入が継続的に拡大していることによる。

一方、アーリー（初期）ステージのスタートアップでは、2024 年に新たに設立された企業の多くが、機器・部品の開発やアプリケーションソフトウェアの開発に取り組んでいる。全体として、今後 5～10 年の間に、QT スタートアップの価値創出の重心がハードウェアからソフトウェアに移行していくと予測される。

このような新しいスタートアップは、スタートアップアクセラレーター、学術機関、研究機関、投資家などが一体となって形成するイノベーションクラスターの中で設立される傾向が強まっている。QT スタートアップは、こうしたクラスターの形成に向けて地域・国家レベルの当局と積極的に連携しており、その多くに QT 関連の製造施設や量子コンピューティングセンターなど、新設拠点の整備が含まれている。アジアでは、

アダビ、テルアビブ、東京を中心に新たな拠点が形成されつつあり、米国でもイリノイ州やメリーランド州などでクラスターの形成が進んでいる。

公的投資の急拡大

2024 年に、世界各国の政府が QT スタートアップに投資した額は合計 6 億 8,000 万ドルにのぼったが、これはこの分野への取り組みの一部に過ぎない。同年に各国政府が発表した QT 関連事業への資金提供額は、総額 18 億ドルに達した。例えば、オーストラリア政府はブリスベンに世界初となる実用規模の「フォルトトレラント量子計算 (FTQC)」の構築に向けて、PsiQuantum 社に 6 億 2,000 万ドルの資金援助を行うことを発表した¹。また、イリノイ州は「イリノイ量子・マイクロエレクトロニクスパーク (IQMP)」の開発に 5 億ドルの投資を表明している²。アジアでも 2024 年に投資が拡大しており、シンガポール政府は QT の研究および人材育成に約 2 億 2,200 万ドルを投資した³。同年に設立された 19 の新規 QT スタートアップのうち 5 社がアジアに拠点を置いており、この分野でアジアが存在感を高めつつあることを示している。

政府主導による QT への資金提供の動きも、今後も勢いを失う兆しがない。実際、2025 年初頭には日本政府が 74 億ドル、スペイン政府も 9 億ドルの投資を表明するなど、公的資金による発表済みの支援総額は 100 億ドルを突破した（図表 2）。

¹ "PsiQuantum to build world's first utility-scale, fault-tolerant quantum computer in Australia," PsiQuantum, 2024 年 4 月 29 日

² 詳細は、イリノイ量子・マイクロエレクトロニクスパーク (IQMP) のウェブサイトを参照

³ Matt Swayne, "Singapore invests \$300 million in national quantum strategy," Quantum Insider, 2024 年 5 月 30 日

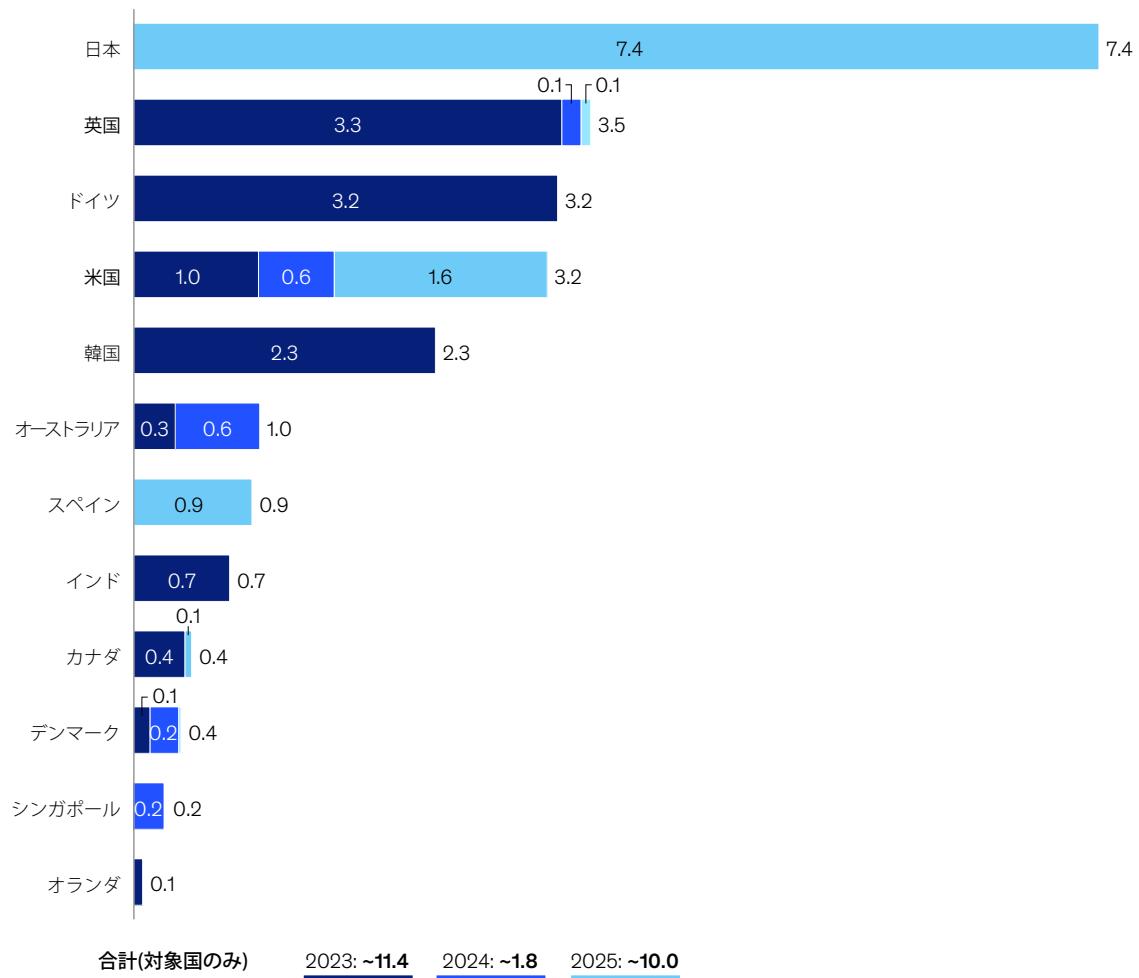
图表2

QTに関する公的投資の発表額は2025年初頭に100億ドルに達し、
日本がその約75%を占めている

QTに関する政府投資の発表額 (2023年1月～2025年4月; 十億ドル)

発表年:

■ 2023 ■ 2024 ■ 2025 (Jan-Apr)



注: 端数処理を行っているため、内訳と合計が一致しない場合がある。中国の商業活動に関する情報開示が限定的なため、同国の投資データは含まれていない。新興技術向けの投資(1,360億ドル)は、QTとの関連性が不明確であるため集計対象外とした。さらに、2023年以前に発表された約150億ドルの投資についてもこの表には含まれていない。スウェーデンによる研究・イノベーション向けの投資(6.8億ドル)、および次世代ネットワーク、AI、量子技術、STEM分野の教育科学に対する米国・スウェーデンの共同投資(4千万ドル)も集計対象外。また、QTに関する内訳が示されていないため、サウジアラビアによる2022年の未来技術向け投資(64億ドル)は集計対象外とした。2025年におけるカタール投資庁(QIA)およびBpifranceによるAlice & Bobへの投資についても、内訳が不明であるため除外している。日本の投資はQTに特化したものではなく、次世代チップ設計なども含まれている。

資料: 記事検索

McKinsey & Company

画期的なイノベーション

マッキンゼーが4年前にQT市場の調査を開始して以来、初めて開発段階から実装段階への移行が確認された。2024年に登場した多くの技術革新は、QTの安全性と信頼性を向上させるものであった。これまでブレークスルーの源泉であったQTスタートアップのエコシステムに加え、2024年は大手テクノロジー企業が変革をけん引した年でもあった。Amazon、Google、IBM、Microsoftなどの企業は、量子分野での研究開発を加速し、業界の新時代を告げる重要なイノベーションを次々と発表した。大手企業による最近の注目すべき成果としては、量子ビット数に対する誤り率の抑制、忠実度が高い複数の量子ビットの開発、量子誤り訂正に必要なコストの大幅な削減などが挙げられる。

量子制御ソリューション

量子制御ソリューションとは、量子システムが量子ビットの初期化、ゲート操作、誤り訂正、読み出しなどの重要な機能を実行できるようにするためのハードウェアおよびソフトウェア技術である。マッキンゼーの調査によると、スタートアップと大手企業の両方が、量子制御ソリューションの分野でも2024年に進歩を遂げている。例えば、オーストラリアのスタートアップであるQ-CTRLは、NvidiaおよびOQCと提携し、誤り抑制における計算上のボトルネックの解消に向けた取り組みを推進した⁴。その他、IBM、Keysight、Kipu Quantum、Quantum Machines、Qedma、Zurich Instrumentsなどの企業も同分野で成果をあげている。

量子誤り訂正の重要な役割

誤り訂正是量子制御の中核を成す重要な要素であり、2024年には、この分野で大きな進歩が見られた。例えば、Googleの量子コンピューティングチップ「Willow」は、誤り訂正および性能面で顕著な進展を遂げた。Willowは105個の物理量子ビットを搭載しており、特定の複雑な計算をスーパーコンピュータよりも指数関数的に高速で、しかも低い誤り率で実行できる⁵。スタートアップ各社も、誤り訂正技術を進めさせている。例えば、Alice & Bobは新たな量子誤

り訂正アーキテクチャを発表し⁶、Riverlaneは速度と効率を高めたハードウェアベースの量子誤りデコーダーを公開した⁷。QuEraは、再構成可能な原子配列を基盤とした論理量子プロセッサを発表し⁸、Atom ComputingはMicrosoftとの協働で量子誤り訂正を実装した⁹。

量子ビット数の増加に伴い、効果的な誤り訂正に加えて、誤り抑制・軽減も、もはや選択肢ではなく必須の要素となっている。量子アプリケーションの大規模展開に向けて安定性と精度を確保するには、QTシステムの誤り耐性を高めることが不可欠である。

特許取得の増加

各社はQT分野で先行優位性を確立すべく、技術的なブレークスルーの成果を積極的に特許化している。マッキンゼーの調査によると、2024年に付与されたQT関連特許の件数は、前年比で13%増加した(図表3)。企業別ではIBMが最多の191件で、次いでGoogleが168件であった。

国別で見ると、中国と米国が2024年に最も多くのQT関連の特許を出願しており、量子コンピューティング分野では中国が首位となった(図表4)。一方、量子通信分野では米国が主導的立場にあり、米国立標準技術研究所(NIST)やその他の研究機関による取り組みがその原動力となっている。このような進展は、米国が量子セキュリティを国家戦略の重点分野として位置づけていることを示している。

量子通信技術の進展

「Qディ」、つまり、量子コンピュータが現在の暗号規格を解読できるほど強力になり、世界中の重要なデジタルインフラが脅威にさらされる日の到来は、セキュリティの概念そのものを大きく変える転換点となることを意味する。企業はグローバルなセキュリティ戦略を根本から見直す必要があり、その新たなアプローチの要となるのが量子通信の導入である。量子通信技術は、量子情報の大規模かつ安全に伝送すること可能にする技術であり、この市場は急速に拡大している。

⁴ "Q-CTRL, NVIDIA, and OQC collaborate to accelerate quantum error suppression," Quantum Computing Report, 2025年3月21日

⁵ The Keyword, "Meet Willow, our state-of-the-art quantum chip," blog entry by Hartmut Neven, Google, 2024年12月9日

⁶ "Alice & Bob advance quantum computing with fewer qubits needed for error correction," Alice & Bob, 2024年1月23日

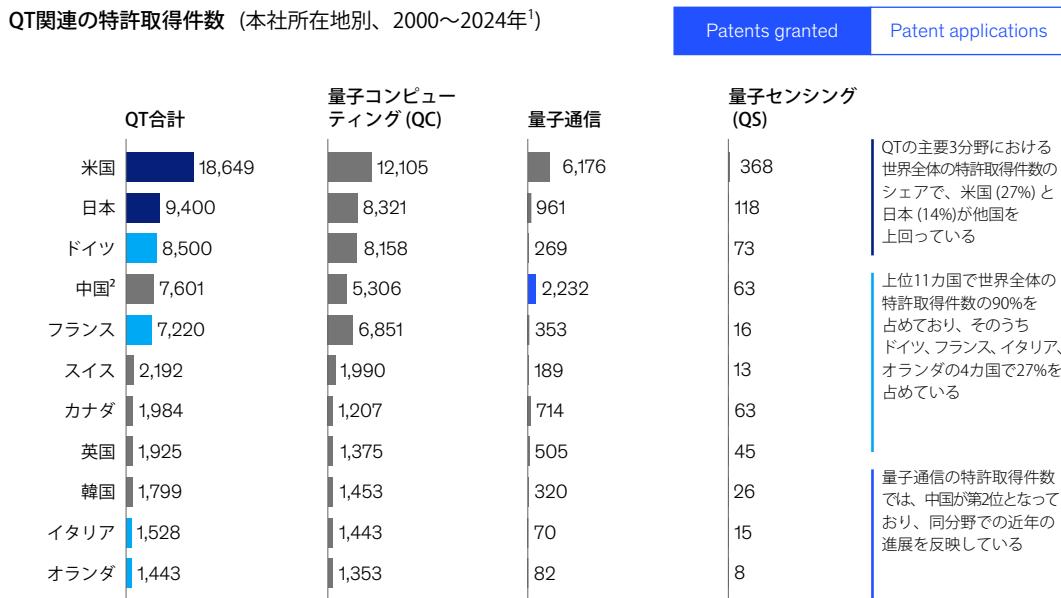
⁷ Ben Barber et al., "A real-time, scalable, fast and resource-efficient decoder for a quantum computer," Nature Electronics, 2025, Volume 8.

⁸ Dolev Bluvstein et al., "Logical quantum processor based on reconfigurable atom arrays," Nature, 2024, Volume 626.

⁹ John Timmer, "Microsoft and Atom Computing combine for quantum error correction demo," Ars Technica, 2024年11月19日

図表3

QTに関する特許取得件数では、米国と日本が他国を上回っている



注: 本データは網羅的な集計ではない。端数処理を行っているため、内訳と合計が一致しない場合がある

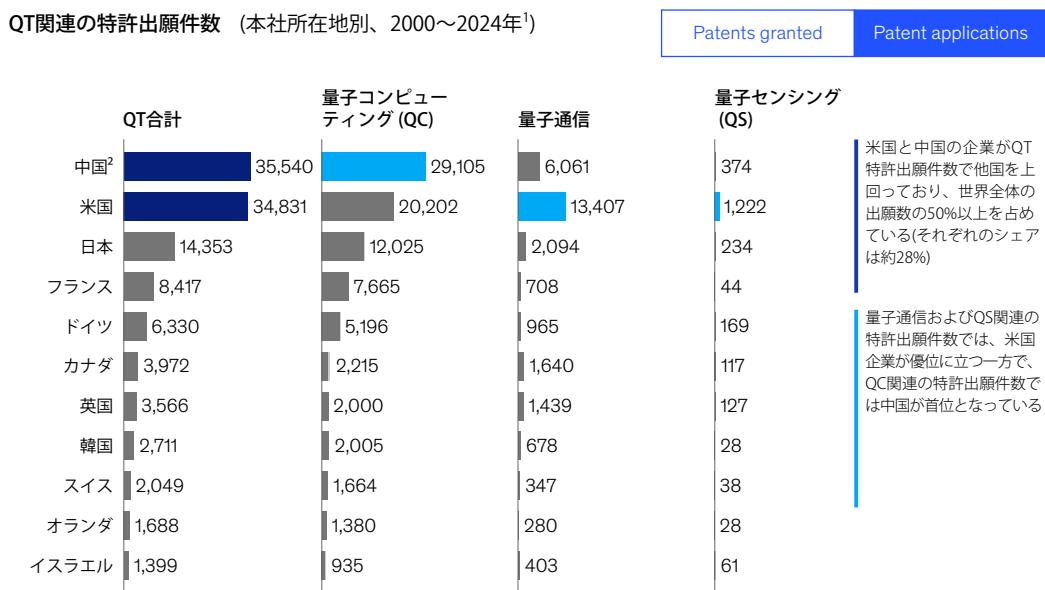
¹⁾ 2024年の特許取得件数は、公開までに時間要するため、未確定である

²⁾ 中国における現在の特許活動は、市場参入を目的とした出願を正確に反映しているとは言えない

資料: PatSnap (2025年3月閲覧)

図表4

量子技術に関する特許出願件数では、米国と中国が他国を上回っている



注: 本データは網羅的な集計ではない。端数処理を行っているため、内訳と合計が一致しない場合がある

¹⁾ 2024年の特許取得件数は、公開までに時間要するため、未確定である

²⁾ 中国における現在の特許活動は、市場参入を目的とした出願を正確に反映しているとは言えない

資料: PatSnap (2025年3月閲覧)

現在の製品提供状況および新たな技術トレンドを分析した結果、2024年時点における量子通信市場の規模は約12億ドルと試算され、2035年には105～149億ドルに達するとみられる。すなわち、今後10年間の年平均成長率は22～25%に相当すると考えられる（図表5）。

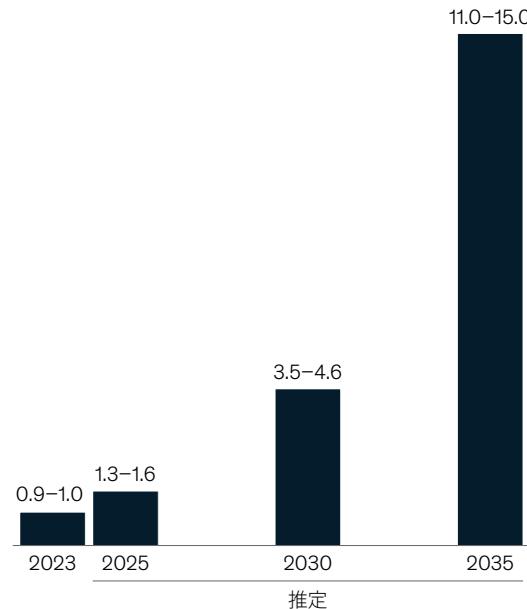
量子通信分野は、セキュリティ、ネットワーク、サービスという3つの主要カテゴリで構成されている。マッキンゼーは、この中でも特に重要な6つの領域である、量子鍵（QKD）配送ソリューション、耐量子計算機暗号（PQC）、モジュール型量子インターコネ

クト、地域ネットワーク、量子グローバルインターネット、量子通信サービスについて分析した。2024年時点で最も商業的に成熟度が高かったのはPQCであり、これは量子コンピュータによる攻撃に耐え得るアルゴリズムの構築を目的とする技術である。PQCは、Qディイ以降も含めて、データセキュリティを確保する上で極めて重要な技術である。アルゴリズムの構築を目的とする技術である。PQCは、Qディイ以降も含めて、データセキュリティを確保する上で極めて重要な技術である。

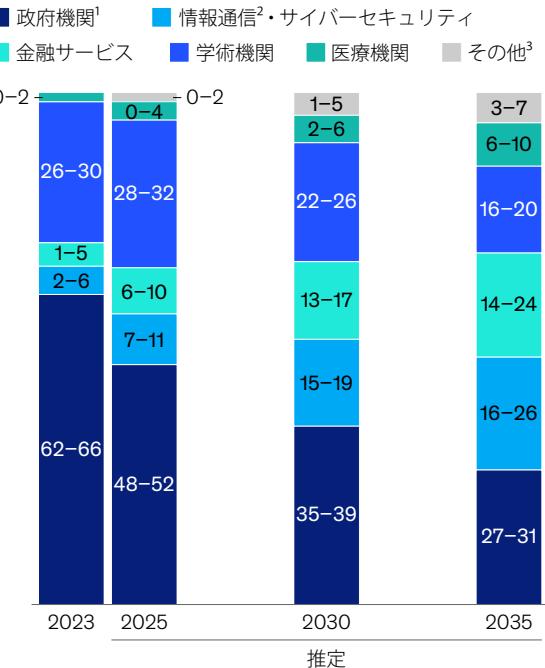
図表5

量子通信市場は、2035年までに110～150億ドル規模に達する見込みである

量子通信の市場規模
(十億ドル)



量子通信市場の顧客タイプ別内訳、%



¹ 防衛を含む

² パブリッククラウド事業者を含む

³ 製造、自動車、保険などを含む

資料: 記事検索、マッキンゼー分析

マッキンゼーの調査によると、現在、量子通信技術を最も多く導入しているのは政府機関であり、2024年には世界全体の量子通信ソリューションへの総支出額の約57%を占めている。一方で、民間企業でも導入が進んでおり、例えば2035年には世界全体の量子通信ソリューションへの総支出額のうち、通信業界がその16～26%を占めると見込まれている。

量子通信のバリューチェーンは、部品、ハードウェア、アプリケーションソフトウェアから、量子ネットワーク事業者やサービス提供者に至るまで多岐にわたる。ハードウェアはまだ発展途上にあるが、極めて大きな可能性を秘めている。例えば、長距離通信には信号を增幅する量子中継器と呼ばれるハードウェア装置が必要となる。現在、スタートアップ企業や大手ハイテク企業が、この量子中継器やその他のハードウェアの開発競争を繰り広げている。ソフトウェア市場は依然として小規模であるものの、その成長に備えてハードウェア開発を先行させることで、量子通信市場における先行優位の確立を図ることが期待できる。

量子センシング技術の進展

量子センシングは重要な転換期を迎えており、今後は実環境での応用開発がその潜在力を引き出す鍵となる。2024年から2025年初頭にかけて、この分野では大きなブレークスルーが数多く見られ、特に防衛や半導体分野での応用事例が注目を集めている。量子センシング技術は基礎研究の段階を超えて成熟しつつあり、焦点は開発段階から製品化・実装段階へと移行しつつある。過去1年間での主な進展として、NASAによる宇宙空間での極低温量子センサーの初実証、Q-CTRLによるGPS拒否環境における量子マグнетーメーターを用いたナビゲーション、QuantumDiamondsによる半導体故障解析用の量子ダイヤモンド顕微鏡の発表、SandboxAQによるAI駆動のリアルタイム量子ナビゲーションシステム「AQNav」の導入など、複数の重要な成果が報告されている¹⁰。

今後の見通し

QTは、それ自体で価値を創出するだけではなく、他の先端技術との強力なシナジーを引き出すことによって、さらなる価値を生み出す。マッキンゼーの調査では、QTが4つの主要なイノベーション領域、「AIと機械学習」「ロボティクス「持続可能性と気候テック」「暗号技術とサイバーセキュリティ」にどのような影響を与える、またどのような影響を受ける可能性があるかについて検証している。

- **AIと機械学習**は、AIによる材料探索を通じて、量子ハードウェアの開発を加速させる可能性がある。一方、量子コンピューティングは、計算能力に飛躍的な進化もたらし、AIモデルの学習規模と速度を根本的に変革し得る。
- **ロボット工学**は、量子部品の製造工程を効率化することにより、量子技術の発展を支える重要な役割を担っている。一方で、ロボット工学自体も、QTの3つの主要領域すべてから恩恵を受ける可能性がある。具体的には、量子コンピューティングが演算能力とソフトウェアの最適化を促進し、量子通信が安全なネットワーク構築をサポートし、量子センシングがロボットの精度向上に寄与すると考えられる。
- **持続可能性と気候テック**は、特に量子コンピューティングの進展によって大きな恩恵を受けるとみられる。量子技術の進化によって、新素材の発見を加速し、分子間の相互作用や気候予測など複雑なシステムのモデリングを高度化し、さらには生産プロセスの最適化を実現できる可能性がある。
- **暗号技術とサイバーセキュリティ**は、QTによって根本的に再定義される可能性がある。QTは、既存の暗号を解読し得るという新たなリスクをもたらす一方で、鍵配信、乱数生成、量子攻撃に耐え得る新たな暗号方式など、次世代の防御技術を強化する役割も期待されている。

¹⁰ 「NASA、宇宙空間で初の「超低温」量子センサーを実証」 NASA ジェット推進研究所 (JPL) 2024年8月13日;「Q-CTRL 量子センシングを用いて GPS 拒否環境を克服し、量子アドバンテージを達成」 Q-CTRL 2025年4月14日;「世界初の半導体故障解析用の量子デバイスを発表」 QuantumDiamonds 2024年9月26日、「SandboxAQ、AIと量子技術を活用し、GPS 妨害への対応を可能にする世界初の商用リアルタイムナビゲーションシステム『AQNav』を発表」 SandboxAQ 2024年6月25日

すべての分析結果とデータをご覧になるには、完全版の「Quantum Technology Monitor」（英語のみ）を参照ください。こちらよりダウンロードいただけます。

Henning Soller はマッキンゼー・フランクフルトオフィスのパートナー、**Martina Gschwendtner** はミュンヘンオフィスのコンサルタント、**Sara Shabani** はニューヨークオフィスのコンサルタント、**Waldemar Svejstrup** はコペンハーゲンオフィスのコンサルタントである

Yunjie Zhang は東京オフィスのプリンシパルアーキテクトII、**工藤卓哉** は関西オフィスのパートナーでありマッキンゼーデジタルの日本統括パートナー

本稿および Quantum Technology Monitor 2025 の全編の作成に協力いただいた、Ahsan Saeed、Alex Zhang、Delphine Zurkiya、Duc Nam Nguyen、Edouard Fachot、Helen Möllering、Holger Harreis、Hussein Hijazi、Jess Fleming、Jessica Cerdas、Kamalika Dutta、Kimberly Beals、Konstantin Wirth、Krithika Narayan、Linshu Li、Michael Bogobowicz、Michael Chui、Nicole Morgan、Philip Ackermans、Philipp Hühne、Scarlett Gao、Stephan Zimmermann、Sven Smit、Victor Kermans の各メンバーに、著者一同より感謝の意を表する。

本稿の原文（英語）の編集は、マッキンゼー・ペイエリアオフィスのエグゼクティブエディター、Kristi Essick が担当した

Copyright © 2025 McKinsey & Company. All rights reserved.

Find more content like this on the
McKinsey Insights App



Scan • Download • Personalize

