

日本成長戦略の下で進める 量子分野の産業化とエコシステム構築

産業発展にはユースケース拡大や 市場形成、投資循環が不可欠

量子技術はAI（人工知能）や半導体と並ぶ次世代の基盤技術であり、競争は研究開発から産業化や市場形成に移行している。今後の競争の本質は、個別技術の優劣よりも「技術」「人材」「資本」「市場」を統合した量子エコシステムを構築する力にある。わが国は日本成長戦略の下、量子分野を重点戦略分野の一つに位置付け、官民投資ロードマップを取りまとめている。本稿では、量子分野の産業化の現状と課題を整理し、今後の政策の方向性を示す。



内閣府
科学技術・イノベーション推進事務局
政策企画調査官
佐藤 彰洋

量子エコシステムの 必要性

量子技術は、経済成長や安全保障、社会基盤の在り方を左右し得る次世代の基盤技術である。これは「量子コンピューティング」「量子通信・ネットワーク」「量子センシング」の三つに大別されることが多い。

量子コンピューティングは創薬、材料開発、金融、エネルギー、物流等での活用が期待されている。量子通信・ネットワークは、機微情報を安全に伝送・共有する通信基盤として注目される。量子センシングは、量子の性質を活用した高精度な計測技術であり、疾病の早期診断や半導体検査工程の高度化や防衛・防災、PNT（測位・航法・タイミング）等への応用が期待されている。

AIの急速な発展により計算能力が国力を左右するなか、量子コンピューターやスーパーコンピュータ、AIを統合した「信頼できる計算基盤」の構築は、今後の産業競争力と技術主権を支える重要な課題となつて

いる。さらに量子技術は、機微情報の保護や重要インフラの強化、測位・防災等を通じ、安全な社会基盤の確保にも貢献し得る。

ただし、インターネット黎明期がそうだったように、現時点で量子技術の用途や市場規模を完全に見通すことは難しい。だからこそ、短期的な採算性だけで評価するのではなく、将来の社会インフラをかたちづくる技術として、早期に利用環境や人材、研究開発・産業基盤を整える必要がある。

もとより量子技術は単一の主体で完結するものではない。基礎研究から部素材・装置や制御技術、ソフトウェア、クラウド、ユーザー企業、標準化、資本市場に至るまで、多層的な主体の連携により価値が創出される。

このため、競争単位は個別技術からエコシステムに移っている。

国際的潮流を受けた わが国の立ち位置と目標

世界的に、量子技術を巡る競争は、研究開発から産業政策・市場形成へと広がっている。主

要国は、量子技術を将来の産業競争力と安全保障に関わる重要技術と位置付け、研究開発投資だけでなく、スタートアップ支援や政府調達、標準化、人材育成、テストベッド（実運用を想定した試験環境）整備を組み合わせた総合的な政策を進めている。

例えば、米国は国家量子イニシアチブを基盤として研究開発と人材育成を推進し、近年は量子技術をAIや半導体、防衛、重要インフラと接続した産業政策と捉えている。欧州も研究開発、量子通信インフラ、産業連携、人材育成を組み合わせた政策を展開している。中国も国家主導で投資と実証を拡大し、存在感を高めている。

わが国では「量子技術イノベーション戦略」「量子未来社会ビジョン」「量子未来産業創出戦略」という三つの戦略を基礎とし、研究開発、実用化・産業化に向けた取り組みを進めてきた。加えて「量子産業の創出・発展に向けた推進方策」「量子エコシステム構築に向けた推進方策」により、グローバル展開

とエコシステム構築の観点でこれらの戦略を補完している。2030年の国家目標として、「国内の量子技術利用者1000万人、量子技術による生産額50兆円規模、ユニコーン企業の創出」が掲げられている。

さらに、日本成長戦略では、量子分野が重点戦略分野の一つに位置付けられ、供給と需要の両面から投資を促進する観点で「量子コンピューティング」「量子通信・ネットワーク」「量子センシング」の官民投資ロードマップが取りまとめられている。このロードマップでは、国内投資支援や需要創出、社会実装支援、立地競争力強化、国際連携を政策パッケージとして示すことが重視されている。

量子コンピューティングにおいては、30年に小規模または部分的な誤り耐性を持つ量子コンピュータ（注1）や、1万物理量子ビット超の超伝導型量子コンピュータ（注2）の実現を目指している。40年には、量子スーパーコンピュータ×AIの統合計算環境下で、開発・実証から社会実装まで回ると

いう実用的かつ安全性の高い国産量子古典ハイブリッド計算基盤（注3）の実現が目標に掲げられている。

量子通信・ネットワークについては、量子鍵配送（QKD）装置（注4）・関連サービスを中核として、公的 Need を含めた国内初期市場の形成と国内外一体での市場開拓が計画されている。30年には東名阪を中心とするQKDの社会実装（注5）、40年にはオール光・量子ネットワーク（APQN）の社会実装（注6）を通じた統合的通信基盤の構築が目標とされる。

量子センシングについては、防衛・防災分野で重要なPNT領域や医療領域が中心となる。30年までの自国技術の確立と国内外での市場形成が目指されている。

これらは相互連携により、大きな価値を生み出す可能性がある。

量子技術の産業化に向けた課題

量子コンピューティングでは、超伝導や中性原子、イオントラ

ップ（注7）、光、半導体など、多様な方式が並行して開発されているが、現時点で主流となる方式は確定していない。従って、政策としては特定方式に過度に依存するのではなく、複数方式の可能性を見極めつつ、共通基盤となる部素材、制御、ソフトウェア、評価手法を強化する必要がある。

現在の多くのゲート型量子コンピュータ（注8）は、ノイズの影響を受けやすい中間的な段階（いわゆるNISQ=Noisy Intermediate-Scale Quantum）にある。大規模かつ安定した計算を実現するには、誤り訂正、量子ビットの高品質化、制御技術、冷却・実装技術、ソフトウェア、アルゴリズムの進展が不可欠である。

また、単に量子ビット数を増やすだけでなく、計算の信頼性や運用性、既存システムとの接続、利用環境の整備が求められる。量子コンピューティングの主な課題は、技術の不確実性や計算資源・テストベッドへのアクセス不足の解消、サプライチェーン・標準化の確立、ユース

ケースの創出である。

量子通信・ネットワークは、
機微情報を安全に伝送・共有する通信インフラであり、公共性や相互接続性が高い点に特徴がある。このため、QKDの社会実装に向け、装置・関連サービスの競争力強化や東名阪QKDネットワーク、利用環境、導入・運用指針等のガイドラインの整備に加え、通信事業者、ユーザー企業、公共部門、規制当局等の関係主体の合意形成や、相互接続を前提としたテストベッドの整備が課題となる。

量子センシングについては、用途ごとにシーズ（研究開発で生まれた技術）とニーズのマッチングが難しく、基礎研究から実装への橋渡しの実現が課題となる。要素技術やユースケース、ビジネスモデルを検証するためのテストベッドに加え、防衛・防災上重要な技術に係るセキュアな研究環境の整備も求められる。

いずれにせよ、社会実装に向けた課題は共通している。技術進展の不確実性は市場形成を遅らせ、市場の見通しにくさは民

間投資を抑制し、その結果として人材やインフラへの投資も進みにくくなる。特に、ユースケースの具体化が進まない投資回収の見通しが不透明なままで、民間資金の流入を妨げる要因となり得る。

それ故、量子技術の産業化において、技術開発を単独で進めるのではなく、ユーザー課題の特定や実証、効果検証、利用拡大を往復させる仕組みが欠かせない。ユーザー企業や公的機関が課題を提示し、研究機関やスタートアップが技術的解決策を提案し、テストベッドで効果を検証する。その過程で、人材も育つ。最初から正解を求めず、試行と学習を通じてユースケースを磨き込む姿勢こそ、エコシステムを育てる上で重要である。わが国は、基礎研究や要素技術に強みを有する一方で、それを産業化や市場形成に十分結び付けられていないとの課題が指摘されてきた。量子分野では「技術で勝ち、ビジネスで勝ち抜く」ようにしなければならぬ。そのためには、研究人材やエンジニアリング人材に加え、

経営・投資等の知見を持つビジネス人材など、研究成果を社会実装や市場形成につなげる人材が育つことも重要である。

日本成長戦略における各種政策の方向性

日本成長戦略における量子分野の官民投資ロードマップは、こうした循環を政策として支えるため、供給力強化と需要創出の両面から官民投資を促進し、量子エコシステムを構築する点に特徴がある。政府では、内閣府や総務省、文部科学省、経済産業省を中心に、外務省、防衛省等とも連携しながら、省庁横断で政策を推進する。

政策の方向性としては、第一に、基礎研究から産業化に至るまでの切れ目ない研究開発支援と、分野横断的な統合アプローチの推進である。量子技術は中長期的な時間軸で発展する技術であり、産業化を進める上でも、基礎研究や要素技術への継続的な投資と研究力の維持・強化が不可欠である。同時に、量子技術の各分野を相互に接続し、AIやスーパーコンピューター、

半導体、材料等の関連分野とも組み合わせる統合的なアプローチが重要である。

特に量子コンピューティングは、スーパーコンピューターやAIと組み合わせることで価値を発揮する可能性が高い。量子やスーパーコンピューター、AIを統合した「信頼できる計算基盤」の構築を進め、将来的には量子通信やセンシングとも接続し、量子技術全体を社会実装につなげていくことが求められる。

第二に、部素材・装置を核としたサプライチェーン強化である。わが国は光学部品や材料、精密計測、半導体製造装置などに強みを有する。こうした分野における競争力強化を通じ、自律性および国際的な不可欠性を確保することは、産業競争力と経済安全保障の両面で重要である。

第三に、公共分野を起点とした市場形成である。量子技術は初期段階では民間だけで需要を形成しにくい。そのため、政府調達ニーズや社会課題に基づく研究開発支援制度、公共調達、

重要インフラでの実証を通じ、初期需要を創出することが有効である。政府や公的機関が課題を提示し、性能評価や導入効果を明らかにすることで、民間企業の投資判断を後押しできる。

第四に、知的財産・標準化と国際連携である。量子技術は一国で完結するものではなく、同志国・地域との連携を通じて、研究協力、人材交流、標準化を進めることが重要である。

第五に、量子技術イノベーション拠点（QIH）等による研究・人材育成・実証の一体的推進である。QIHは、理化学研究所をヘッドクォーターとし、基礎研究から社会実装までを一体的に推進するとともに、人材育成や研究環境の整備を支える拠点群である。特に、量子コンピュータの開発から実装・標準化に至るプロセスを担うのが、産業技術総合研究所量子・AI融合技術ビジネス開発グローバル研究センター（GIQ uAT）である。ここは、産業戦略上重要な拠点であり、国際競争力を有する環境の整備が求められている。

最後に、量子エコシステムの形成には、挑戦を促す文化も必要と考える。量子技術は難しく、まだ先の技術だと距離を置かず、企業やユーザーが自らの事業や生活課題の延長線上に据え、触れてみるのが先決である。期待が先行する局面から成果が問われる局面へ移行した時にも、投資や支援が途切れないよう、腰を据えて取り組む姿勢が求められる。

* * *

量子技術を巡る競争は、個別技術の性能からエコシステムの構築力へ移行している。わが国にとつての課題は技術的優位性そのものではなく、それをいかに社会実装し、持続的産業として確立できるかである。

今後は、初期需要の創出と市場形成を通じて民間投資を呼び込み、量子エコシステムとしての成長を実現できるかがカギとなる。研究開発や部素材・装置、計算基盤、テストベッド、標準化、人材、国際連携を一体的な政策体系として設計する必要がある。量子技術を日本の成長につなげるためには、技術を育て

るだけでなく、使う主体を増やし、市場をつくり、投資が循環する仕組みの構築が欠かせない。

〔注〕1 現在の量子コンピュータ

は外部環境の影響を受けやすく、計算中に誤りが生じやすい。小規模または部分的な誤り耐性を持つ量子コンピュータとは、ノイズに弱く誤り訂正機能を持たないNISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum) と、量子誤り訂正機能により計算中の誤りを修正し、大規模な計算を高い精度で実行できる完全な誤り耐性のある量子コンピュータ (FTQC=Fault-Tolerant Quantum Computer) との中間に位置するものを指す。

- 2 超伝導回路（極低温に冷却することで電気抵抗がゼロになる性質を利用した電子回路）を用いて計算を行う量子コンピュータである。量子ビットの集積化や制御に関する研究開発が進んでおり、現在、実用化に向けた研究開発が世界的に広く進められている方式の一つである。
- 3 量子コンピュータと従来のコンピュータ（古典コンピュータ）を組み合わせて利用するためのシステム基盤。量子コンピュータが得意な計算と古典コンピュータが担う処理を組み合わせることで、全体として効率的に計算を行う。
- 4 量子力学の原理を利用して暗号鍵を安全に共有する技術。盗聴を検知できる特徴を持つ。
- 5 東京・名古屋・大阪を結ぶ広域QKDネットワーク。量子暗号通信のユースケース実証や相互接続検証、運用技術の確立等の技術実証を通じて社会実装を目指す。
- 6 光通信技術と量子通信技術を融合し、高速・大容量かつ高い安全性を備えた次世代通信ネットワーク。
- 7 電場や磁場によって真空中に閉じ込めたイオンを量子ビットとして利用する量子方式。高い演算精度が期待される。
- 8 量子ビットに対して量子ゲート（演算操作）を順次適用して計算を行う汎用型の量子コンピュータ。

さとう あきひろ

京都大学大学院工学研究科修士。IHIにて航空エンジン材料の研究開発や組織開発に従事。24年から内閣府で量子技術の国家戦略の策定・推進や国際連携に携わる。博士（工学）。