

量子技術の実用化推進ワーキンググループ（実用化推進 WG）論点メモ（案）

令和 4 年 12 月 6 日

1. 目的

量子未来社会ビジョンで示された未来社会ビジョン（※）を踏まえ、量子技術の産業化・実用化、関連産業の国際競争力強化を実現するため、産学官が取り組むべき具体的な取組を議論する。

※国内の量子技術の利用者を 1,000 万人に、量子技術による生産額を 50 兆円規模に、未来市場を切り拓く量子ユニコーンベンチャー企業を創出

2. 論点概要

（1）量子コンピュータ

①量子コンピュータ（ゲート）

<超電導量子コンピュータ>

○量子コンピュータの技術開発・事業化支援

技術方式としては超電導量子コンピュータが先行。産業界の技術開発・事業化の強化・加速、多くの企業の参画・投資喚起を図るための方策、複数企業の連携エコシステム（水平分業・垂直統合等）はどのようなものがあるか。量子技術イノベーション拠点について、産業界から期待される取組強化・役割分担・連携の在り方はどうか（例：連携ラボ創設等）。

○民間商用機の国際競争力強化・利用促進

現時点では、国内ベンダー企業が理研と連携して実機（超電導）を来年度に公開予定。今後、国内ベンダー企業の勝ち筋となるビジネスモデル、熾烈な国際競争に劣後しないための競争力強化、利用促進等の在り方はどうか。新たな企業の参画に向けた方策はどうあるべきか。

<その他のゲート方式（イオントラップ、光、シリコン、原子等）>

○産業界の参画促進、連携体制の強化

イオントラップ、光、シリコン、原子等については、ムーンショット等に

において研究開発を加速しているものの、現時点では担い手となる企業（経営判断として事業化を表明している企業）が顕在化していない状態。産業界の参画・事業化を促進するための取組はどうあるべきか。

○民間商用機の開発強化

国内初のハード系ベンチャー企業が、今後、量子コンピュータ／量子ネットワーク（光・原子のハイブリッド方式）を開発・リリース予定。長期的投資を必要とする先進的な技術方式を進める企業（特にベンチャー企業）の支援の在り方はどうか。

②量子アニーリングマシン

○量子アニーリングマシンの技術開発・事業化支援

我が国において、長期的な投資が必要となるゲート型と同時並行で、事業化・実用化が近い量子アニーリングマシンも開発していくことは、市場をいち早く開拓する上でも意義がある。今後、産業界の技術開発・事業化の強化・加速を図るための方策はどのようなものがあるか。

○民間商用機の国際競争力強化・利用促進

国内企業が産総研と連携して、量子アニーリングマシン（超電導）の実機を来年度に公開予定。他国が先行する中で、我が国ならではの強み発揮や国際競争力強化・利用促進に向けた方策はどうあるべきか。

③共通基盤技術

○商用機実現に向けた量子コンピュータ部品等の高度化とサプライチェーンの強靱化

超伝導量子コンピュータ（ゲート・アニーリング）に加え、イオントラップ、光量子、シリコン量子等様々な量子コンピュータのシステム化に不可欠となる部品、素材、冷凍機などの機械類や制御装置などについて、有志国との連携・協調を図って量子コンピュータの大規模化を見据えた装置開発や高品質化・安定供給を実現しつつ、日本企業の強い分野でもある部素材などでサプライチェーンのチョークポイントを押さえるべきか。

(2) 量子ソフトウェア

①ソフトウェア開発のための量子コンピュータ利用開発環境の整備

○国産機テストベッド（理研）

国産量子コンピュータについては、今年度中に理研のテストベッド（超電導量子コンピュータ）がリリースされる予定。公的機関として、最先端の量子・古典ハイブリッド計算環境も含めて、最先端の利用環境をどのように提供していくか（民間実機との関係、官民の役割分担も含めて検討）。

○産業利用テストベッド（産総研）

公的機関として、量子・古典ハイブリッド計算環境や有志国とのグローバル連携も含めて、産業利用に資する利用環境をどのように提供していくか（商用機との関係、官民の役割分担も含めて検討）。

○国産実機（量子コンピュータ、量子アニーリングマシン等）

国内企業の実機（超電導量子コンピュータ、量子アニーリングマシン）が来年度にリリース予定（既にデジタルアニーリングは複数ベンダーが実用化・商用化）。これらの実機の利用を促進し、マーケットを確立・拡大していくための方策はどうあるべきか。

○海外量子コンピュータ

各国企業の量子コンピュータがクラウド等を通じて活用できる状況となっている。国産量子コンピュータは黎明期でもあることから、海外量子コンピュータの利用環境も重要である。（国内ハードベンダーの産業振興や民間ビジネスにも配慮しつつ）、最先端の量子コンピュータの利用環境を整備していくためにはどのような方策があり得るか。

②ソフトウェア産業の振興

○アプリケーション提供／利用支援サービス提供事業者の育成・振興

量子コンピュータのアプリケーションを提供するベンダー企業、国内外の量子コンピュータの利用支援サービス（開発環境提供やコンサルティング含む）を提供する民間事業者も活発化している。これら民間事業者の育成・振興のためにはどのような取組が必要か。ソフトウェア拠点（本年に2拠点目を追加）に対する産業界から期待される取組強化・役割分担・連携の在り方はどうか。

③ ユーザ産業の振興

○ ユーザ産業の拡大・振興等

産総研などに設置する産業利用テストベッドの活用など、量子コンピュータを利用する様々な国内外のユーザ産業の発掘・拡大（参画促進、裾野拡大によるマーケット創造）、産業振興に向けた方策はどうあるべきか。新たなユーザを訴求するため魅力的なユースケースづくり（特にキラーアプリケーション）の在り方はどうか。ユーザ産業の量子コンピュータ利用をサポートする取組はどうあるべきか。さらに、市場開拓のためにも RoI や脱炭素などの視点から効果指標の設定や検証は必要ではないか。

(3) 量子セキュリティ・量子ネットワーク

① 量子セキュリティ・量子ネットワークの産業振興

○ ユーザ産業の振興・拡大

量子セキュリティ・量子ネットワークを利用する様々な国内外のユーザ産業の発掘・拡大（参画促進、裾野拡大によるマーケット創造）、産業振興に向けた方策はどうあるべきか。新たなユーザを訴求する魅力的なユースケースづくりの在り方はどうか。金融や医療・ゲノム等の個別の事業領域における産業振興・利用促進の在り方はどうか。

アンカーテナンシー/アーリーアダプタの役割を担う行政機関への利用促進の在り方はどうか。

○ 量子セキュリティ・量子ネットワークの事業化支援・国際競争力強化

国内企業が量子暗号通信の商用機をリリース。また、量子インターネット（長距離量子暗号通信）を目指すベンチャー企業も出現。今後、国内ベンダー企業の勝ち筋となるビジネスモデル、熾烈な国際競争に劣後しないための国際競争力強化等の在り方はどうか。

利用支援サービス（アプリケーション）を提供する民間事業者のビジネスモデルや主体の在り方はどうか？（ハード系ベンダー企業か？独立系の民間事業者か？）

新たな企業の参画に向けた方策はどうあるべきか。主要拠点である NICT について、産業界から期待される取組強化の在り方はどうか。

○ 量子暗号通信機器の国内認証基盤構築の推進

量子暗号通信機器の普及には機器認証制度の整備が必須。国内認証制度、

特に評価機関はどうあるべきか。国内認証制度をエコシステムとして自律化するための方策はどうあるべきか。認証制度に関わる国際連携の在り方はどうか。

②量子セキュリティ・量子ネットワークの利用環境整備と利用実証の拡大

○量子・古典ハイブリッドによる総合的アーキテクチャの検証

古典アーキテクチャからのマイグレーション（システム移行）はどうあるべきか。量子暗号、耐量子計算機暗号、量子ストリーミング暗号等の多様な量子・古典暗号のベストミックスと検証環境の在り方はどうか。量子セキュアクラウド、量子暗号、量子計算機まで含む量子統合アーキテクチャ（量子技術プラットフォーム）の在り方はどうか。

○量子暗号通信の広域テストベッドの充実・強化

総務省・NICT が展開している量子暗号通信の広域テストベッドの充実・強化、利用促進の在り方はどうか。利用実証拡大を事業化につなげる方策のあり方。衛星アセットまでを含む都市間の量子暗号通信ネットワークの構築をどう推進すべきか。また、都市間～全国規模への拡大につなげる方策の在り方はどうか。

③量子セキュリティ・量子ネットワークの高度化

○量子インターネットの研究開発の方向性

量子暗号通信や量子コンピュータを接続できる量子インターネット等を含む将来技術の研究開発・導入ロードマップはどうあるべきか。

（４）量子センシング／量子マテリアル

①量子センシング産業の振興

○量子センシングの技術開発・事業化支援

産業界の技術開発・事業化の強化・加速、多くの企業の参画・投資喚起を図るための方策、複数企業の連携エコシステム（水平分業・垂直統合等）はどのようなものがあるか。主要拠点である量子センシング拠点、量子生命拠点について、産業界から期待される取組強化・役割分担・連携の在り方はどうか。

○量子センシングの利用環境提供

ユーザに対して量子センシングを活用できる利用環境、情報提供等の在り方はどのようなものがあるか（量子コンピュータと異なり、実世界のハードウェアの利用も伴うものが多いことから、技術支援・利用支援も重要になることに留意）。

○ユーザ産業の拡大・振興

量子センシングを利用する様々なユーザ産業の発掘・拡大（参画促進、裾野拡大によるマーケット創造）、産業振興に向けた方策はどうあるべきか。新たなユーザを訴求するため魅力的なユースケースづくりの在り方はどうか。ユーザ産業の利用をサポートする取組はどうあるべきか。

②量子マテリアル産業の振興

○量子マテリアルの技術開発・事業化支援

産業界の技術開発・事業化の強化・加速、多くの企業の参画・投資喚起を図るための方策、複数企業の連携エコシステム（水平分業・垂直統合等）はどのようなものがあるか。主要拠点である量子機能創製拠点、量子マテリアル拠点等について、産業界から期待される取組強化・役割分担・連携の在り方はどうか。

○量子マテリアルのサプライチェーン構築

我が国として押さえるべき量子マテリアルはどのようなものがあるか？マテリアル産業の育成の在り方は？量子機能創製拠点など量子拠点に期待する取組は何か（ユーザニーズに合致したマテリアル供給、産学連携など）。量子マテリアル（川上・上流）と量子デバイス産業（川下・下流）に加え、既存の部素材・デバイス等との連携の体制づくりはどうあるべきか。

（5）共通事項

○産学官の新たなパートナーシップ体制構築

産学官の連携体制を強化していくための取組はどのようなものがあるか。量子技術イノベーション拠点と産業団体の情報交換・交流の定期的な場を設けてみてはどうか。

○産業人材の確保・育成

世界的に不足する産業人材（経営人材、エンジニア、研究人材）の確保・育成の在り方はどうあるべきか。大学等と産業の人材マッチングを強化するための取組はどのようなものがあるか。

○新産業／スタートアップ等を支援するイノベーション基盤の整備

投資企業、コンサルティング事業者、民間主体のスタートアップインキュベーション拠点の育成など、スタートアップ／ベンチャー企業をはじめとする量子産業を支援するイノベーション基盤をどのように整備すべきか。

○標準化・知財化・ベンチマーク設定等

量子コンピュータ等の量子デバイス（材料・部品等を含む）の標準化・知財化の強化・加速の具体的な取組、産学官の役割分担・体制はどうあるべきか。ユーザからは量子デバイスの性能・機能（量子の優位性も含む）を比較するためのベンチマークの設定等も期待されているが在り方はどうあるべきか。

○量子技術の貿易管理の在り方

世界的なマーケットを獲得／海外とのサプライチェーン構築していくためには量子技術の輸出・輸入が不可欠だが、機微技術である量子技術の多くは貿易管理の対象になる。現在、輸出・輸入に携わる（または輸出・輸入を予定している）民間事業者が抱える貿易管理上の課題はどのようなものがあるか。仮に課題があるとしたら合理的な解決方策の在り方はどうか。

○サプライチェーンの構築（材料・部品・デバイス等を含む）

我が国として確保すべき重要な材料・部品・デバイスの同定やサプライチェーンの構築、担い手となる裾野広い産業エコシステムの構築に向けた取組はどうあるべきか。