

# 量子技術イノベーション戦略 (中間報告)

令和元年7月30日

イノベーション政策強化推進のための有識者会議  
「量子技術イノベーション」

本中間報告案は、統合イノベーション戦略推進会議の下、平成31年3月以降、4回にわたって開催されたイノベーション政策強化推進のための有識者会議「量子技術イノベーション」における議論の結果を取りまとめたものである。

# 目次

## I. 量子技術を取り巻く状況

- (1) 国内外の諸情勢の変化
- (2) 量子技術をめぐる諸外国の動向
- (3) 量子技術をめぐる我が国の動向
- (4) 国を挙げて量子技術に取り組む必要性

## II. 基本方針

## III. 量子技術が拓く社会像

## IV. 量子技術イノベーション実現に向けた5つの戦略

### 1. 技術開発戦略

- (1) 主要技術領域
- (2) 量子融合イノベーション領域
- (3) 量子 inspired 技術・準量子技術
- (4) 基礎基盤的な研究

### 2. 国際戦略

- (1) 国際協力の戦略的展開
- (2) 安全保障貿易管理の徹底

### 3. 産業・イノベーション戦略

- (1) 「量子技術イノベーション拠点（国際ハブ）（仮称）」の形成
- (2) 「量子技術イノベーション協議会（仮称）」の創設
- (3) 創業・投資環境の整備

### 4. 知的財産・国際標準化戦略

- (1) 知的財産戦略
- (2) 国際標準化戦略

### 5. 人材戦略

- (1) 優れた研究者・技術者の育成・確保
- (2) 頭脳循環（ブレインサーキュレーション）の推進
- (3) 量子ネイティブ（Quantum Native）の育成

## V. 本戦略の推進体制

## I. 量子技術を取り巻く状況

### (1) 国内外の諸情勢の変化

- 現在、世界的に経済・社会構造の歴史的なパラダイムシフトが起こる只中にあり、従来の労働・資本集約型とは異なる知識集約型へと経済・社会が不連続に移行しつつある。この転換を適切にとらえることが国際競争力を握る鍵。また、我が国の地政学的な位置づけや、ハイテク技術の覇権をめぐる国際環境が激変し、米国や欧州、中国を中心に我が国との連携に対する期待感が高まっている状況。
- 我が国は、将来の目指すべき社会像として「Society 5.0」や「データ駆動型社会」を世界に先駆けて掲げており、特に人工知能（AI）やデータ連携基盤は経済・産業政策上、競争力の源泉となる重要技術インフラ。量子技術は、こうした重要技術インフラをさらに飛躍的・非連続的に発展させる鍵となる基盤技術。
- こうした量子技術に、国際的な注目が近年急速に高まっており、米国、欧州、中国をはじめ、将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉・革新技術として位置づけ、国を挙げた取組を加速している状況。
- あらゆる面で大変革が起こり得る世界において、先端技術の獲得やイノベーション実現に向けた国際競争が激化する中、我が国と諸外国の強みや競争力を精緻に分析・評価し、国際連携・協力と国際競争を使い分けた戦略的な取組が必要不可欠。

### (2) 量子技術をめぐる諸外国の動向

- 米国、欧州、中国等を中心に、諸外国においては、量子技術を戦略的な重要技術基盤として明確に、近年、研究開発投資を大幅に拡充するとともに、研究開発拠点形成や人材育成等の戦略的な取組を展開。
- 米国では、「量子情報科学の国家戦略概要」の策定や量子情報科学に関する法案の制定、これらに基づく DOE・NSF を通じた 2～5 の国際的な研究拠点形成の支援、NIST による国際標準化に関する産学コンソーシアム結成の支援など、毎年 2 億ドル以上の研究開発投資等を戦略的に展開。
- EU では、「量子技術フラッグシップ最終報告書」をとりまとめ、2018 年から 10 億ユーロ規模のプロジェクト等を開始。また、英国、ドイツ等においても、幅広い量子技術を重要技術として位置づけ、国として研究開発プロジェクトの推進や研究開発拠点の形成を推進するなど、投資を大幅に拡大。
- 中国では、量子コンピュータを重大科学技術プロジェクトとして位置づけ、量子情報科学国家実験室の整備のため約 70 億元を投資。
- 政府以外では、欧米や中国を中心に、巨大 IT 企業（Google、IBM、Intel 等）やベンチャー企業（D-Wave、Rigetti、IonQ）が、量子コンピュータをはじめとする量子技術に対する積極的な投資を実施。

### (3) 量子技術をめぐる我が国の動向

- 我が国においては、「第 5 期科学技術基本計画」（平成 28 年 1 月閣議決定）において、「光・量子技術」を将来の重点技術領域として位置づけ。また、「統合イノベーション戦略」（平成 30 年 6 月閣議決定）において、社会に変革をもたらす革新的技術と

して、「我が国が強みを有する光・量子技術基盤の国際競争力を維持・向上」と明記し、これらを踏まえた取組を検討。

- 文部科学省が「量子科学技術（光・量子技術）の新たな推進方策」を策定。量子情報処理、量子計測・センシング、次世代レーザーを重点領域に設定し、これに基づく国の研究開発プログラムを開始。
- 一方で、国レベルでの量子技術に関する中長期戦略は未策定。このため、関係府省（内閣府、総務省、文部科学省、経済産業省）が、それぞれ所掌に応じて、個別の研究開発等の取組を推進している状況。

#### （４）国を挙げて量子技術に取り組む必要性

- 米国、欧州、中国をはじめ、諸外国においては、量子技術を将来の経済・社会に変革をもたらす、また安全保障の観点からも極めて重要な基盤技術として既に位置づけ、国家として戦略を策定するとともに、国・産業界を挙げて投資を大幅に拡充。
- 一方、我が国は、量子技術について長年にわたる基礎研究の蓄積により、基礎理論や知識・技術基盤等に強み・優位性を有するものの、例えば量子コンピュータの開発をはじめ、技術の実用化や産業化（システム化）に向けた取組に課題がある状況。
- また、政府は、第５期科学技術基本計画（平成２８年度）や「統合イノベーション戦略」（平成３０年度）において、初めて光・量子技術を位置づけたものの、現状では関係府省や企業が、それぞれ個別に研究開発等の取組を始めた段階。このままでは、我が国は量子技術の発展において諸外国に大きな遅れを取り、将来の国の成長・発展や国民の安全・安心の基盤が脅かされかねない状況。
- このため、国として将来の産業・ビジネス構造の変化等を見据えた上で、目指すべき社会像の実現に向けて、短期的な技術開発にとどまらず、産業・イノベーションまでを念頭に置き、１０～２０年の中長期的な視点に立った新たな国家戦略を策定することが必要不可欠。その上で、本戦略に基づき、我が国の総力を結集して、量子技術によるイノベーション実現に向けた幅広い取組を強化・拡充すべき。

## Ⅱ. 基本方針

- 量子技術は、我が国の経済・社会等を飛躍的・非連続的に発展（Quantum Leap）させる鍵となる革新技術（コア技術）であり、国として、確固たる技術基盤の確立を目指すとともに、これらを我が国が抱える様々な課題の解決や、将来の持続的な成長・発展等に確実に結びつけていくことが不可欠。

このため、本戦略では、こうした考え方・概念を「量子技術イノベーション」として明確に位置づけ、国を挙げて総合的かつ戦略的に取組を推進。
- その際、「量子技術」を狭義の概念として限定的にとらえるのではなく、「量子技術イノベーション」として、量子技術に関連する技術や、その周辺技術として必要不可欠な技術等も幅広く包含することが重要。さらに、こうした「量子技術」と既存（古典）技術を相補的・相乗的に組み合わせた上で、一体的かつ総合的に推進していくことが極めて重要。
- また、統合イノベーション戦略推進会議で策定される「統合イノベーション戦略」の下、「Society 5.0」実現に向けて、「全ての科学技術イノベーションに影響する最先端の基盤的技術」とされている AI、バイオ、量子技術の3つの戦略技術により、将来必要となる技術を確実に獲得・強化し、我が国の産業・イノベーションを牽引していくという方向性が重要。
- こうした観点から、同会議で検討・策定される「AI 戦略」、「バイオ戦略」、そして「量子技術イノベーション戦略」を国の3つの重要技術戦略と位置づけ、これにより我が国の経済・産業政策上の主要分野を網羅する形で、相互に密接に融合・連携させつつ、政府全体として整合的かつ戦略的な取組を展開・強化。
- その上で、「量子技術イノベーション戦略」の推進に当たっては、予算・資源等の制約がある中で、国として推進すべき量子技術の領域を明確化し、我が国の強み・競争力の確保と国際的な連携・協調とを組み合わせた戦略的な取組が必要。また、量子技術は、個別技術毎に産業化や社会実装に向けた時間軸（タイムスパン）が異なることを踏まえ、10～20年程度の中長期、5～10年程度を見通した短中期の両側面から全体を俯瞰した上で、関連技術や周辺技術の波及や社会実装等も念頭に置いた計画的かつ戦略的な取組が不可欠。

### <3つの基本方針（案）>

- ① 『「量子技術イノベーション」の戦略的展開』
- ② 『量子技術と既存（古典）技術等の一体的・総合的推進』
- ③ 『量子技術イノベーション戦略、AI 戦略及びバイオ戦略の融合・連携強化』

### <量子技術イノベーションの範囲（案）>

- ・ 量子に関する科学及びそれを応用する技術（量子技術）を基に、関連する技術（周辺技術として必須な技術も含む）を幅広く包含した上で、それらの成果を産業化・事業化等に結び付ける革新（イノベーション）をいう。

### Ⅲ. 量子技術イノベーションが拓く社会像

- 知識集約型社会へのパラダイムシフトが急速に進展する中、我が国が掲げる社会像「Society 5.0」やデータ駆動型社会の次世代の社会像の実現に向けて、「量子技術イノベーション」を通じて達成する将来の社会像を提示。
- これに向けて、中長期・短中期の両側面から、我が国の強みや競争力を分析・評価した上で、鍵となる重要な技術領域や具体的な推進方策等を特定。

#### <目指すべき3つの社会像>

##### ① 『生産性革命の実現』

近い将来、急速な高齢化・労働人口の減少等が見込まれる中、技術革新を先取りし、IT（デジタル）、AIに続く「量子革命」を通じて、我が国の産業競争力の強化、これによる生産性の飛躍的向上を実現。

現在のスパコンでは非現実的な時間を要する問題を、超高速・超並列情報処理する「量子コンピュータ技術」や「量子シミュレーション技術」により、情報通信・製造・金融・運輸・製薬・化学等、幅広い産業・社会分野で新たな価値を創出。また、既存技術を凌駕する精度・感度を持つ「量子計測・センシング技術」や、極微の世界で発現する量子性を利用した「量子物性・材料技術（量子マテリアル技術）」により、素材・材料、半導体、デバイス製造、蓄電・省エネ・創エネ等での革新を実現。

##### ② 『健康・長寿社会の実現』

我が国が諸外国に先駆けて超高齢化社会を迎える中、量子技術を用いた革新的な医療や健康管理等を通じて、世界に冠たる健康・長寿社会を実現。

従来技術に比べて超高感度・高分解能を持つ量子センサ・イメージング等の「量子計測・センシング技術」により、生命現象の本質的理解に基づく治療法・創薬や高精度な早期診断・モニタリングなど、生命科学・医療に飛躍的発展をもたらし、関連する医療や医薬品・医療機器産業等における革新を創出。

##### ③ 『国及び国民の安全・安心の確保』

個人情報をはじめ、秘匿性の高いデジタル情報が急速に増大する中、量子的な効果を応用した通信・暗号技術により、高度セキュリティ社会を実現し、国及び国民の安全・安心を確保。

近年の「量子コンピュータ技術」の飛躍的発展により、既存の公開鍵暗号技術が破られる可能性がある中、唯一の原理的安全性を持つ「量子通信・暗号技術」により、機密性・完全性等を有するセキュリティ環境の構築・高度化を達成するとともに、産業競争力の強化にも寄与。

既存技術をはるかに凌駕する高感度・高精度な「量子センシング技術」により、他国の技術に依存しない我が国独自の技術基盤を確立するとともに、「量子コンピュータ技術」の幅広い分野での利活用を促進し、国及び国民の安全・安心の確保に寄与。

## IV. 量子技術イノベーション実現に向けた5つの戦略

### 1. 技術開発戦略

- 量子技術に含まれる個別技術は、それぞれ社会実装に向けた時間軸が異なることを踏まえ、中長期・短中期的な観点の両側面から、国内外の研究開発動向や国の強み・競争力を分析・評価した上で、重点を置くべき技術領域等を特定することが必要。
- その際、量子技術そのものに加えて、これらと既存（古典）技術とを補完的に組み合わせ、また、関連・周辺技術も含めて技術体系全体を俯瞰した上で、技術の特性に応じた研究開発の重点化や、段階的な実用化等の実現に向けた取組を展開することが極めて重要。

#### (1) 主要技術領域

- 量子技術イノベーションを通じてⅢで掲げた将来の社会像を達成するため、量子技術の基盤となる技術領域として、以下の4つを「主要技術領域」に設定。
- 各主要技術領域について、国内外の研究開発動向や我が国の強み・競争力、我が国の将来の産業・イノベーションに対する寄与・貢献等を分析・評価した上で、それぞれ中長期・短中期を見通した今後の全体・個別方針（案）を定めるとともに、国として特に重点を置いて推進すべき技術課題（重点技術課題）、及び中長期的な観点から着実に推進すべき研究課題（基礎基盤技術課題）を特定。
- なお、ここで掲げる4つの主要技術領域は、国際的な競争環境が一層激化しており、近年、技術的な進歩が極めて急速に進んでいる状況。このため、最新の研究開発動向等を踏まえて、柔軟に重点技術課題等の見直しを行っていくことが必要不可欠。

目標 : 重点技術課題毎に、2019年度中を目途に、それぞれ「技術ロードマップ（仮称）」を作成した上で、研究開発支援等の戦略的取組を充実・推進

#### <主要技術領域>

- ・ 量子コンピュータ・量子シミュレーション
- ・ 量子計測・センシング
- ・ 量子通信・暗号
- ・ 量子マテリアル（量子物性・材料）

#### <全体方針（案）>

- ・ 各主要技術領域、及び、その中に含まれる各個別技術領域は、それぞれ技術の開発・進展の程度、産業界の関与・参入の状況、また、実用化・事業化等を通じた社会実装に向けた時間軸（タイムスパン）等が異なることから、それぞれの技術の特性に応じて、研究開発等の重点化、実用化等の実現に向けた取組を検討・推進
- ・ 量子コンピュータ・量子シミュレーションは、ハードの開発では中長期の取組が必要な一方、ソフトや量子計測・センシング、量子暗号・通信の一部技術は、既存（古典）技術との補完・連携により、短中期での実用化等が可能と見込まれることから、次に掲げる個別方針（案）に基づき、それぞれの技術領域を対象に重点化や実用化等に向けた戦略的な取組を展開



- ・ 同時に、量子技術と、これに関連する既存（古典）技術の双方について、スピント等を通じて関連・周辺技術を実用化等に結び付けるための取組を推進

### ＜具体的方策（案）＞

- ・ 国は、関係府省等の連携・協力の下、重点技術課題を対象に、関連技術も含めた技術体系の全体像を俯瞰した上で、中長期的観点から今後10年間に取り組むべき具体的な方策を示した「技術ロードマップ（仮称）」を作成
- ・ 国は、本ロードマップに基づき、重点技術課題を対象として、国直轄プロジェクトや研究開発ファンディング（例：内閣府SIP、文部科学省Q-LEAP、JST未来社会創造事業、NEDOプロジェクト）等を通じて、幅広い段階の研究開発の支援を推進
- ・ 国は、重点技術課題の対象とする技術開発の進捗に応じて、民間から投資を呼び込む形での産学連携・官民協働による応用・実用化に向けた研究開発を推進
- ・ 国は、基礎基盤技術課題を対象として、中長期的な観点からファンディング（科学研究費補助金、JST戦略的創造研究推進事業等）を通じた基礎基盤研究の支援を推進

#### i) 量子コンピュータ・量子シミュレーション

- 量子コンピュータは、現在のスパコン（古典コンピュータ）でも非現実的な時間スケールを要する一部問題を、短時間かつ超低消費電力で計算することが可能になり、産業・社会のあらゆる分野で飛躍的なイノベーションをもたらす革新技術と位置づけ。欧米や中国を中心に、政府・企業を挙げた開発競争が激化し、研究開発投資も大幅に拡大しており、我が国としても戦略的な取組が必要不可欠。
- ゲート型量子コンピュータを実現する基盤技術の中で、超伝導量子ビットは我が国発の技術であり、同有力候補の一つとして、高品質な超伝導量子ビットの作製・制御に関して、世界と比肩する高い技術力を保持。国際的にも高く評価されている著名な研究者が存在。諸外国では、大企業を中心に大規模な研究開発が行われるなど、近年、国際競争が一層激化。一方、未だ制御性・スケール化（大規模集積化）が課題。
- シリコン量子ビットは、既存の半導体集積技術を応用し、多量子ビット化に向けて注目が集まっており、国際的にも研究開発競争が激化。我が国では理化学研究所が世界最高忠実度のシリコン量子ビット開発に成功したものの、スケール化が課題。
- いずれの基盤技術であっても、誤り耐性のあるゲート型量子コンピュータの実用化には20年～30年単位の時間を要すると見込まれ、ハードの実機開発には中長期的観点から研究開発等の取組を進める必要がある一方、これと並行して、誤り訂正無しの量子コンピュータ（NISQ）の実現や、関連・周辺技術の発展等、研究面・産業面で多方面の波及・展開を促進することが必要不可欠。
- 量子ソフトウェア（アーキテクチャ、アルゴリズム、アプリケーション含む）は、大学・研究機関に加えて、ベンチャー企業を中心にゲート型・アニーリング型の双方で量子コンピュータ向けのソフトウェア開発で競争が激化。ゲート型量子コンピュータ向けソフトウェアは米国等で開発が加速。我が国では、研究者層は厚くはないものの、ゲート型・アニーリング型の双方で、国際的にも通用する若手研究者が存在。今後、研究開発の飛躍的な加速・進展が期待される領域。

- 量子シミュレーションは、多体電子系等のシミュレーションにより、物質の機能解明や新物質探索への貢献が期待され、欧米や中国との間で研究開発競争が拡大。我が国でも国際的評価の高い研究者が存在。実用化に向けた技術開発の見通しに加え、光技術や冷却装置等の開発など、産業への波及・展開が期待される技術領域。
- アニーリング型量子コンピュータは、組み合わせ最適化問題に特化した量子コンピュータとして、ゲート型に比して、実用化に向けた取組が先行。我が国研究者が理論提案を行ったアニーリング手法を基に、上述の超伝導量子ビットの技術等を用いて、カナダの D-Wave が世界初の商用機を開発・発売。実機開発では他国が先行したものの、理論面では依然、世界水準の研究者が存在。2018年には産業技術総合研究所 (AIST) が日本初の超伝導量子アニーリングマシン(50量子ビット)の製造に成功。また、理研や国内企業も実機開発に向けた研究開発等を展開。

#### <重点技術課題>

- ・ ゲート型量子コンピュータ (超伝導量子ビット)
- ・ 量子ソフトウェア (ゲート型・アニーリング型量子コンピュータ)
- ・ 量子シミュレーション (冷却原子)
- ・ アニーリング型量子コンピュータ (超伝導量子ビット)

#### <基礎基盤技術課題>

- ・ シリコン量子ビット
- ・ イオントラップ
- ・ 光量子コンピュータ 等

#### <個別方針 (案) >

- ・ ゲート型量子コンピュータは、実用化に向けて20~30年単位の時間を要すると見込まれ、かつ実機開発に向けて多額の費用を要する見込み。ただし、ハードの実機開発・保有は、国の研究開発力の維持・強化のみならず、産業政策の観点からも極めて重要であり、我が国企業の参入を促しつつ、国をあげた研究開発等の取組を推進。
- ・ その際、同コンピュータを実現する本命技術が未だ確定していない状況を踏まえ、多様性を確保する観点から幅広い研究開発等を推進しつつ、特に我が国が強み・競争力を持つ超伝導量子ビットに重点化する二方面の戦略的取組を推進。
- ・ また、実機開発に向けた段階的取組として、NISQ や、量子ビット作製技術 (構造解析技術、微細加工技術、三次元実装技術)・希釈冷凍技術・マイクロ波制御技術・低温エレクトロニクス技術・ハードウェアアーキテクチャ技術等の関連・周辺技術の研究開発を並行して推進し、これらの短中期での実用化等に向けた取組を推進。
- ・ 量子ソフトウェア (ゲート型・アニーリング型量子コンピュータ双方) は、ハード開発と並行して、企業等の参画を得つつ、特に重点的な研究開発等を推進するとともに、スパコンや我が国独自の量子 inspired 技術・準量子技術と補完・連携させた「量子・古典ハイブリッド型」のソフトウェア開発により、短中期での実用化等に向けた取組を推進。

- ・ 量子シミュレーション（冷却原子）は、我が国が競争力を持つ素材・化学産業での活用・応用が期待される技術領域であり、企業等の参画を得て、基礎研究を基にした早期の実用化等に向けた取組を推進。
- ・ アニール型量子コンピュータは、外国企業に加えて、我が国企業でも、国の研究機関と連携・協力して、実用化に向けた研究開発等が行われており、早期の事業化等に向けた支援を展開。

## ii) 量子計測・センシング

- センサの国際的な市場は拡大しており、次世代の技術基盤として、量子計測・センシングに対する期待は極めて高く、欧米を中心に研究開発投資を大幅に拡充するとともに、我が国との間で国際的な競争が激化。量子計測・センシングの対象は、磁場、電場、温度、加速度等の多岐にわたり、その計測方法も多様化。
- また、量子コンピュータの実用化に向けた波及・展開（スピナウト）としても、これら量子計測・センシングは、比較的早期の段階で実用化・社会実装が期待される技術領域であり、我が国としても、市場化を見据えた国際競争力の高い研究開発等に取り組むことが重要。
- 固体量子センサ（ダイヤモンド NV センタ等）は、室温・大気中で磁場、電場、温度を、それぞれ超高感度で計測できる特長があり、センサ材料の中で特に競争が激しい分野。我が国は、固体量子センサの材料開発（東京工業大学、量子科学技術研究開発機構（QST）、物質・材料研究機構（NIMS）、産業技術総合研究所（AIST）等）で高い技術力を有し、海外のトップ研究グループに対して多くの材料を提供。また、計測技術でも国際的に高い技術力を保持。産業界における幅広い利活用が期待される領域であり、我が国企業の参画も拡大。
- 量子慣性センサは、量子効果を用いて加速度等を検出する技術であり、高精度の自己位置推定機器など産業への多大なる波及効果が期待されるとともに、国及び国民の安全・安心の観点からも重要なコア技術。また、光格子時計は、従来の原子時計に比べて桁違いの高精度を実現する時計であり、我が国が精度・連続稼働時間において世界をリード。国際単位系の秒の再定義への貢献や、超高精度な時空間計測インフラとして波及効果が期待される領域。いずれも、我が国は世界トップレベルの技術を保持しており、これを維持・強化していくことが極めて重要。
- 量子もつれ光センサは、従来の光学顕微鏡の分解能・計測精度を上回る「量子もつれ顕微鏡」や、光コヒーレンストモグラフィー（OCT）の分解能を飛躍的に向上させる「量子 OCT」等の研究開発が進められており、我が国は光源開発やアプリケーション利用等で世界に先駆けた取組を展開。既存技術を超える分解能の実証等に成功しており、実用化・産業化に向けた研究開発等の取組が重要。
- 極短パルスレーザーは、フェムト秒からアト秒の科学へと進展しており、材料物性の解明や磁気デバイスの開発など、産業応用の拡大につながると期待。我が国は、高繰返し・高強度型の双方においてレーザー光源技術に強みを保持。米国、欧州、中国等との競争が激化する中、将来の産業応用・利用を念頭に、基礎的・基盤的な研究開発を推進していくことが重要。

- 量子スピントロニクスセンサは、外界からの刺激によって生じる物質中のスピンの変化を量子力学的効果によって検出する技術。TMR 素子を使った磁気センサは、MRAM 等の製品開発に係る技術を基に企業が参入。欧米でもベンチャー企業が積極的に参入しつつあり、将来的な実用化・産業化に向けた模索が始まっている状況。

#### <重点技術課題>

- ・ 固体量子センサ（ダイヤモンド NV センタ等）
- ・ 量子慣性センサ・光格子時計
- ・ 量子もつれ光センサ

#### <基礎基盤技術課題>

- ・ アト秒レーザー
- ・ 量子スピントロニクスセンサ
- ・ 重力センサ 等

#### <個別方針（案）>

- ・ 固体量子センサは、我が国が作製技術に強みを持ち、将来的に医療・健康分野をはじめ幅広い分野での応用が期待されることから、基礎から応用・実用化に至るまでの幅広い研究開発等を重点的に推進。一方、デバイス開発等での早期活用・応用が期待されることから、企業の参画を得て、短中期での実用化等に向けた取組を展開
- ・ 量子慣性センサ・光格子時計は、技術的確立の見通しが得られ、かつ、多方面での活用・応用等の展開が見込まれる技術であることから、研究開発等を重点的に推進するとともに、政府も関与する形で早期の実用化等に向けた戦略的な取組を推進
- ・ 量子もつれ光センサは、「量子 OCT」について既存（古典）OCT と組み合わせたハイブリッド型の研究開発等を、また、量子赤外線吸収分光について原理実証に向けた研究開発等を行い、企業の参画を得つつ、短中期での実用化等に向けた取組を展開。

#### iii) 量子通信・暗号

- 近年、計算技術や AI、医療技術等の発展により、機密性の高い重要なデジタル情報が次々に生み出されている状況。こうした情報が漏えいした場合、社会的・経済的な影響は甚大であり、超長期にわたる機密性と完全性の確保が課題。
- こうした中、ゲート型量子コンピュータの急速な進展により、現代のインターネットセキュリティを支える公開鍵暗号技術が解読される可能性が生じ、世界中で耐量子公開鍵暗号への移行など対応が進められている状況。一方、耐量子公開鍵暗号で対処できない脅威も存在し、米国や中国をはじめ、各国が安全保障にも関わる重大脅威との認識の下、原理的に安全性が確保される量子通信・暗号に関する研究開発を加速。
- 我が国では、東芝や NEC が世界最高速の BB84 量子暗号装置を製造可能。また、情報通信研究機構（NICT）、東京大学、NTT、三菱電機等が理論研究及び実証を先導。NICT が量子通信・暗号送受信装置の開発を進め、都市圏テストベッド「Tokyo QKD Network」で世界最長期間の運用実績を有するなど世界をリード。東京大学は、量子

コンピュータでも解読できない暗号アルゴリズム研究を推進。衛星量子通信に関しては、NICT が低軌道衛星と地上局間での実証実験に成功。さらに、暗号送受信装置は我が国企業が製品化を進めており、NICT とともに、欧州電気通信標準化機構 (ETSI) や国際電気通信連合 (ITU) において標準化活動を推進。

- 我が国としても、国及び国民の安全・安心の確保、産業競争力の強化等の観点から、重要デジタル情報を安全に保管する手段として、機密性・完全性等を有し、かつ市場化を見据えた国際競争力の高い量子通信・暗号に関する研究開発や事業化・標準化等に、国を挙げて取り組むことが不可欠。

#### <重点技術課題>

- ・ 量子暗号技術
- ・ 量子通信技術 (光ファイバー、衛星通信)

#### <基礎基盤技術課題>

- ・ 量子メモリ・量子中継技術 等

#### <個別方針 (案) >

- ・ 量子暗号技術は、送受信装置の技術基盤が確立し、我が国企業による実用化・事業化の段階にあることから、研究開発等に加えて、政府も関与する形で、短中期の国内外で事業展開を実現するための戦略的な取組を推進するとともに、産学官が密接に連携・協力し、国際標準化活動を推進
- ・ 量子通信技術は、国及び国民の安全・安心や産業政策上の重要性に鑑み、短中期・中長期の両側面から、光ファイバー・衛星通信に関する研究開発等を重点的に推進するとともに、これらの通信環境の整備など、実用化等に向けた戦略的な取組を推進

#### iv) 量子マテリアル (量子物性・材料)

- 量子状態を精密制御することで機能を発現する物性・材料「量子マテリアル」は、我が国が長年にわたる基礎研究・応用研究の積み重ねにより、理論・実験・材料開発等において、世界的にも強み・競争力を有する領域。一方、米国、欧州、中国を中心に国際競争が激化している状況。
- 国内の大学・研究機関で質の高い研究開発が行われ、人材層の厚みがあることに加え、我が国の産業・企業等の裾野が広く、かつ高い国際競争力を保持。次世代のデバイス開発や新たな物性材料の創成など、これまで、国際的な成長産業分野において、世界に後塵を拝してきた我が国の産業競争力強化にもつながる有望な技術領域。
- グラフェン等のトポロジカル量子物質は、高効率なスピン・電荷変換等の実現を通じて、省エネデバイスや新物性材料等への応用が期待される物質材料であり、将来の産業波及効果が高い技術領域。米国や欧州、中国において研究開発が活発化しているが、我が国が世界的にも高い研究能力を持ち、核となる研究者が存在。
- また、スピントロニクスにおけるスピン流を活用した材料 (スピン流材料) は、単一デバイスで熱、振動、光等からエネルギーを獲得することが可能な革新材料と期待。

特に、スピントロニクスは、我が国の大学・研究機関等が、長年の基礎研究等の蓄積を有する技術領域。こうした材料を用いたセンシングは、熱流や回転の流れを測る新たなセンシング技術等としての期待が高まっており、基礎研究の段階から着実な推進が重要。

#### <基礎基盤技術課題>

- ・ トポロジカル量子物質（グラフェン等）
- ・ トポロジカル磁性体
- ・ スピン流材料 等

#### (2) 量子融合イノベーション領域

- 量子技術に関する各主要技術領域については、(1)で掲げた方策に基づき、戦略的な取組を進めていくことが必要。一方、こうした我が国の強みを持つ技術領域を基盤に、本戦略で掲げた将来の社会像の実現に向けて、イノベーションのスピードと確度を高めるため、量子技術と関連技術（既存技術を含む）とを融合・連携させた我が国独自の新たな技術体系を構築・展開していくことが極めて重要。
- 量子コンピュータは、特定の問題を対象に古典コンピュータをはるかに凌駕する計算性能が期待されるが、中でも機械学習やクラスタリングなど AI 技術との相補性が高く、キラーアプリケーションとして高い期待。AI 技術の一部を量子コンピュータ（我が国独自の量子 inspired 技術も含む）に置換し、アクセラレータとして融合・活用する「量子 AI 技術」は、極めて有望な技術領域。国際的に注目されているものの研究開発は途上にあり、我が国は量子ソフトウェア開発等で強みを保持。
- 生命現象の細胞レベルでの機能解明や医療・健康分野等への固体量子センサの活用など、量子技術と生命・医療等とを融合した「量子生命技術」は、我が国独自の学問的開拓が始まった段階。一方で、高齢化の進展や健康寿命の延伸、医療費の高騰など、我が国が抱える課題を解決し、健康・長寿社会を実現する上で、極めて大きな波及効果が期待される有望な技術領域。
- 量子コンピュータ技術の進展に伴い、現在の公開鍵暗号技術が解読される可能性が生じる中、国及び国民の安全・安心確保の観点から、古典・量子技術を融合してネットワークセキュリティ高度化を図る「量子セキュリティ技術」は極めて重要な技術領域。欧米や中国が大規模な研究開発等を進める中、我が国としても量子通信・中継で先進的な取組を進めており、これを確固たる技術基盤として発展させることが急務。
- こうした、量子技術と関連技術とを融合・連携させた新たな技術領域を「量子融合イノベーション領域」と明確に位置づけ、これらの領域で我が国が世界を先導・主導すべく、国の最重点領域として戦略的取組を強力に推進・展開。

目標 : 将来の我が国産業・イノベーションの発展に向けた最重点領域として、「量子融合イノベーション領域」を設定し、2019年度中を目途に、それぞれ「中長期ロードマップ（仮称）」を策定した上で、研究開発支援等の戦略的取組を強化・推進

### <量子融合イノベーション領域（案）>

- ・ 量子 AI  
（例：量子古典ハイブリッド計算（教師あり・なし学習）、アルゴリズム・システムアーキテクチャ開発（量子 inspired 技術活用含む）等）
- ・ 量子生命（量子バイオ）  
（例：生体ナノ量子センサ、量子もつれ光イメージング、超偏極核磁気共鳴技術（超偏極・超小型 MRI）等）
- ・ 量子セキュリティ  
（例：量子セキュアクラウド、光・量子ネットワーク暗号化等）

### <全体方針（案）>

- ・ 量子融合イノベーション領域は、我が国が特に強み・競争力を保持し、かつ、可能な限り早期に高い確度で実用化・事業化等を実現することで、我が国の産業・イノベーションに大きな寄与・貢献が期待される技術領域を対象に設定
- ・ それぞれの量子融合イノベーション領域について、中長期の視野に立ち、国をあげた重点的な研究開発等を推進するとともに、既存（古典）技術と組み合わせることで、短中期に、関連・周辺技術への波及・展開（スピリアウト）も含めた実用化・事業化等を実現するための戦略的な取組を展開

### <具体的方策（案）>

- ・ 国は、関係府省等の連携・協力の下、量子融合イノベーション領域を対象として、関連・周辺技術も含む技術体系の全体像を俯瞰した上で、中長期的観点から今後 10 年間に取り組むべき戦略的かつ具体的な方策を示した「中長期ロードマップ（仮称）」を作成
- ・ 国は、「中長期ロードマップ（仮称）」に基づき、それぞれの量子融合イノベーション領域を対象として、民間から投資を呼び込む形での、国直轄の大規模な産学連携・官民協働による研究開発プロジェクトや大型の研究開発ファンディング等を通じた重点的な研究開発支援等を推進・展開

### （3）量子 inspired 技術・準量子技術

- 我が国では、企業を中心に、アニーリング技術や量子ビットに相当するレーザーパルスを用いる（光の量子性を活用する）技術など、量子技術的な発想や手法を既存（古典）技術（古典コンピュータ等）に取り込んだ、独自の革新的な技術開発や製品化・サービス展開が進展。
- 例えば、日立 CMOS アニーリングマシンや富士通デジタルアニーラ、NTT の LASOLV（元となった QNN は内閣府 ImPACT 事業等で開発）など、特定の組み合わせ最適化問題等を古典コンピュータよりもはるかに高速で処理するイジング型コンピュータの技術開発・実機の製品化が、先行して進展。実機化では、我が国独自の動きで、世界で他に例はない状況。また、世界的にも、例えば、量子アルゴリズムに着想を得て、古典アルゴリズムの高速化が図られるという取組も存在。

- 特に、ゲート型量子コンピュータのスケール化・実用化には中長期的な視野に立った取組が必要であり、また同じイジングモデルに基づくアニーリング型量子コンピュータのスケール化にも一定の時間を要すると見込まれる中、こうした我が国独自の技術は、将来の量子コンピュータの評価・検証に加え、金融・保険・製造業・運輸業など様々な産業分野での応用・展開等が期待される技術領域。
- このため、こうした技術体系を「量子 inspired 技術・準量子技術」として明確に位置づけ、研究開発や社会実装等の取組を展開。

目標 : 我が国発の有望な「量子 inspired 技術・準量子技術」を評価・特定した上で、速やかに戦略的な研究開発や実用化支援等を充実・推進

#### <全体方針（案）>

- ・ 「量子 inspired 技術・準量子技術」は、我が国企業が中心に開発した独自技術であり、これらと量子技術と組み合わせた「量子・古典ハイブリッド」による研究開発等を重点的に推進するとともに、短中期での産業化・事業化に結び付けるための戦略的取組を展開

#### <具体的方策（案）>

- 国は、研究ファンディング等の支援を通じて、CMOS アニーリングマシンやデジタルアニーラ、LASOLV など、我が国企業が有する「量子 inspired 技術・準量子技術」を活用した産学連携・官民協働による革新的な技術開発（アプリケーション開発等）や社会実装等を推進
- 国は、我が国のアカデミア・企業等の協力を得て、将来有望な「量子 inspired 技術・準量子技術」の特定・評価等を実施

#### （４）基礎基盤的な研究

- 量子技術は、今後の飛躍的な発展が見込まれる一方、未だ基礎研究段階にある技術領域が多く、技術・人材等の厚みを増す観点からも、幅広い領域を対象に長期的視野に立ったサイエンスベースでの研究開発等を着実に推進していくことが極めて重要。
- また、（１）～（３）で掲げた技術領域を発展させるためには、量子技術そのものに加えて、我が国の強み・競争力を分析評価した上で、これらを支える基盤技術、周辺技術や関連技術も包含した裾野の広い基礎基盤的な研究（例：微細構造解析、微細加工技術や光波制御・光デバイス技術、半導体技術、極低温エレクトロニクス、解析・評価技術）や、こうした基盤技術の国際競争力の強化や国産化も念頭に置いた事業化・実用化の促進、さらに、それらを実現する最先端機器等の基盤施設・設備等の整備・共用化等を推進することが必要不可欠。
- このため、（１）～（３）で掲げた技術領域や関連する領域も含めて、こうした基礎基盤的な研究や基盤施設・設備等の整備・共用化等を充実・強化しつつ、着実に推進。



## 2. 国際戦略

### (1) 国際協力の戦略的展開

- 米国や欧州では、量子技術について、各種ファンディング等を通じて、サイエンスベース（基礎研究段階）での研究開発を推進しており、この分野での我が国との協力拡大を模索。特に、日米政府間では、閣僚級の科学技術高級合同委員会において、量子技術に関する日米協力の加速について議論を行い、また、日 EU 政府間では、量子技術分野における協力を拡大することの重要性で一致し、合同シンポジウムを開催。英国やドイツ等も日本と政府レベルでの協力合意を追求。
- こうした中、我が国としては、国及び国民の安全・安心や産業政策上の観点から、共通の価値観を有するとともに、量子技術に関する高い研究・技術水準等を有する国・地域との間で、今後、政府レベルでの多国間の協力枠組みを整備・構築していくことが、我が国の戦略上、極めて有益かつ重要。
- さらに、米国、英国、ドイツ等、量子技術に関する高い研究技術レベルを有する国との間で、特定の技術領域毎に、我が国にとっての強み・競争力、研究協力に係るメリット・デメリットを勘案した上で、政府・大学・研究機関等での多層的かつ戦略的な二国間の協力枠組みを構築し、具体的協力を推進していくことが重要。

目標 : 5年以内を目途に、欧米を中心として、量子技術に関する政府レベルでの多国間・二国間の協力枠組みを整備・構築
---

#### <具体的方策（案）>

- ・ 米国・EU との間に、量子技術（量子情報科学等）に関する多国間での協力枠組みについて検討・合意するとともに、合同シンポジウムやワークショップの開催等を通じた研究協力の拡大等を検討・推進
- ・ 米国、英国、ドイツ等との間に、科学技術協力合同委員会等の既存の枠組みも活用し、量子技術に関する二国間での具体的な協力枠組み（MOU 等）を検討・推進
- ・ 特定の国・地域との間に、我が国の強み・メリット等を勘案しつつ、国際共同研究に対する共同ファンディングの仕組み整備や合同シンポジウムの開催等を推進

### (2) 安全保障貿易管理の徹底

- 量子技術は、将来の産業・安全保障等の観点から重要な技術基盤であり、国際輸出管理レジームにおいても耐量子暗号技術等の規制を強化。米国では、国防権限法等に基づき、量子技術をはじめとする先進技術について輸出や投資の両面から規制強化を検討。さらに、EU 等も量子技術に対する規制を強化。
- 我が国では、国際輸出管理レジームの合意を踏まえ、外国為替及び外国貿易法に基づき、厳格な安全保障貿易管理を推進。大学・研究機関等に対しても先進技術等の管理体制整備の働きかけを行っているものの、未だ管理体制整備や研究者への周知徹底等で課題も指摘されている状況。
- このため、政府全体として、量子技術を含む先進技術の安全保障貿易管理を推進するとともに、法令遵守や組織内における適正管理に向けた体制整備等を促進することで、大学・研究機関等における管理体制整備等を強化・推進することが必要不可欠。

目標 : 量子技術をはじめとする先進技術の研究等を行う大学・研究機関等に対し、政府として外国為替及び外国貿易法等の順守を含め、管理体制整備等を強化・推進

<具体的方策>

- ・ 国は、機微技術の管理強化に関する国際的な議論を踏まえつつ、外国為替及び外国貿易法に基づく安全保障貿易管理を推進・徹底
- ・ 国は、「安全保障貿易に係る機微技術管理ガイダンス」に基づき、大学・研究機関等における安全保障貿易管理体制強化に向けた働きかけを一層強化・推進
- ・ 大学・研究機関等は、同法等に基づく学内・機関内の安全保障輸出管理規程等の整備を加速するとともに、研究者への周知を徹底するなど、運用体制を一層強化

### 3. 産業・イノベーション戦略

#### (1) 「量子技術イノベーション拠点（国際ハブ）（仮称）」の形成

- 欧米では、量子技術に関する拠点形成が急速に進展（オランダ・デルフト工科大（QuTech）、カナダ・トロント大、米国 UC・ローレンスバークレー、英国オックスフォード大等）。国内外から優れた研究者を引き付ける舞台装置として機能。我が国では少ない研究者等が大学・研究機関・企業等に分散して活動しており、国際的にも認知・評価されるトップクラスの研究拠点の欠如が大きな課題。
- 量子技術に関して、これまで我が国の大学・研究機関等で長年にわたって蓄積してきた研究や人材の厚みを一層増し、かつ、基礎的・基盤的な研究の多様性を確保する観点から、こうした大学・研究機関における幅広い研究等に対し、国として継続的な支援を充実・強化していくことが重要。
- その上で、我が国が強み・競争力を保持する技術領域を中心に国際競争力を確保・強化する観点から、それらの技術の特性に応じて人材・技術等を結集し、基礎研究から技術実証、オープンイノベーション、知財管理、人材育成等に至るまで産学官で一貫通貫に取り組む拠点を形成することが極めて重要かつ有益。このため、国際的な研究開発拠点として、「量子技術イノベーション拠点（国際ハブ）（仮称）」を新たに形成。
- 同拠点は、国の研究機関や大学等を中核として、国内外から優れた研究者・技術者を結集するとともに、企業等から積極的な投資を呼び込み、大学・企業間の有機的な連携・協力体制を構築。また、複数の大学・大学院等と連携・接続し、将来を担う量子技術分野の人材育成を行う中核拠点としての役割も整備・構築。

目標 : 2020年度からの5年間で「量子技術イノベーション拠点（国際ハブ）（仮称）」を国内に5拠点程度整備・形成
---

#### <拠点の要件（案）>

- ・ 我が国が国際的評価の高い卓越した研究者を有し、かつ国際競争力の高いコア技術等を有する技術領域であること
- ・ 我が国の大学・研究機関・企業等が高いポテンシャルを有し、将来の産業・イノベーションの飛躍的発展が期待される技術領域であること
- ・ 国内外の企業等から大きな投資が期待される、又は海外の優れた人材が集積することが期待される技術領域であること
- ・ 人材・技術・予算等を集積化することが有益かつ効率的な技術領域であること

#### <拠点形態（案）>

- ・ 大学・研究機関と企業間の連携を深化・強化するオープン・プラットフォーム型（例：IMEC、東北大国際エレクトロニクス集積拠点（cies））
- ・ 大学・研究機関の傘下に置くものの、自由度の高い独立した運営を確保する拠点形成型（例：文部科学省 WPI 事業）
- ・ 研究機関の傘下で、研究部門の一組織として発展・強化したセンター型（例：理化学研究所・産業技術総合研究所等の戦略センター）

### <拠点候補（例）>

- ・ 超伝導量子コンピュータ研究拠点
- ・ 量子ソフトウェア研究拠点
- ・ 量子生命（バイオ）研究拠点（固体量子センサ活用等）
- ・ 量子マテリアル研究拠点
- ・ 量子慣性センサ・光格子時計研究拠点
- ・ 量子通信・ネットワーク研究拠点

### <具体的方策（案）>

- ・ 国は、上記要件等に基づき、大学・研究機関等を主体とする国際的な研究開発拠点「量子技術イノベーション拠点（国際ハブ）（仮称）」形成を推進
- ・ 同拠点については、関係府省による財政面・税制面・制度面（特区制度の活用等を含む）等の中長期的な支援に加えて、国内外の企業等から相応の投資を呼び込む形での官民を挙げた研究開発拠点として整備・推進

### (2) 「量子技術イノベーション協議会（仮称）」の創設

- ・ 量子技術は、将来の産業・イノベーションにつながる重要技術との認識や期待が高い一方、未だ技術的には未成熟・発展途上にあり、我が国産業界が積極的に参入する段階には至っていない状況。一方、例えば米国では、量子情報科学に関する法案に基づき、NIST を中心としてアカデミア・産業界が量子技術の研究開発や利活用について検討するコンソーシアムを新たに形成。
- ・ こうした中、我が国においても産学官をはじめとする多様なステークホルダーが集い、量子技術の現状分析や研究開発の発展、産業・社会での利活用等を検討・議論するための「場（コンソーシアム）」を設けることが極めて有益。既に、「量子 ICT フォーラム」など、一部で関連する取組も始まっている状況。こうした観点から、特定の技術領域を対象に新たに「量子技術イノベーション協議会（仮称）」を創設。
- ・ 同協議会においては、産学官が連携・協力し、個別の技術課題等に関する具体的な取組やロードマップ等の検討を先導。これらを基に、協調領域でのオープンイノベーションを促進（エコ・システムを構築）。さらに、最新の研究・技術動向等に基づき、海外企業・研究機関等との連携も含めた、我が国産業の戦略的な振興策や支援策等を検討・推進。

目標 : 5年以内を目途に、特定の技術領域毎に大学・研究機関・企業等で構成される「量子技術イノベーション協議会（仮称）」を複数創設
---

### <協議会の位置付け・役割>

- ・ アカデミア・産業界による主体的な取組であること
- ・ 複数の企業等が参画し、また大学・研究機関、関係省庁等も含め、量子技術に関する特定領域に関心を有する多様な組織・機関等が参画する取組であること
- ・ 当該特定領域について、技術の現状分析や研究開発の方向性、産業・社会での利活用など、幅広い観点から検討・議論等を行う取組であること

### <協議会の例（例）>

- ・ 量子コンピュータ・ソフトウェア協議会
- ・ 量子センサ利活用協議会、量子マテリアル利活用協議会
- ・ 量子情報通信・ネットワーク技術協議会（量子 ICT 協議会）

### <具体的方策（案）>

- ・ 国は、特定の技術領域毎に、アカデミア・産業界による主体的な「量子技術イノベーション協議会（仮称）」の創設を支援（例：アカデミアと産業界との間の橋渡し、関係府省の関係者の参画、助成金等の支援）

### （3）創業・投資環境の整備

- 欧米では、Google や IBM、Microsoft、Intel をはじめとする大企業が量子コンピュータをはじめとする最先端の量子技術に対して巨額の研究開発投資を行う一方、Rigetti や D-Wave、IonQ など、高い技術を有し、また国際的認知度の高いベンチャー企業が生まれるなど、新たな産業創出に対する期待が高まっている状況。
- 我が国では、量子技術が未成熟な段階にあり、将来の見通しが立たない等の事由により、大企業が最先端の量子技術開発等に積極的に参画するには至っていない状況。一方で、大学等の技術を基にしたベンチャー企業も他国に比べて少ないものの、MDR や QunaSys など一部量子技術を基にしたベンチャー企業も生まれつつある状況にあり、量子技術に関する新たな発見や発明等を基にした大学発・企業発ベンチャーの創設を促進する環境整備が極めて重要。
- また、量子技術の事業化に向けて、開発する企業側やユーザー側双方の投資を誘発する観点から、欧米の例も参考にしつつ、政府において先行して技術導入や活用を促進するなど、企業等の投資を促進するための環境整備が極めて重要。

目標 : 10年以内を目途に、量子技術を基にした大学・研究機関発、又は企業発ベンチャー企業を、要素技術関連も含めて10社以上、新規創設
---

### <具体的方策（案）>

- ・ 大学や研究開発法人等は、関係法令に基づく出資機能の拡大等を踏まえ、各大学等が有する優れた技術シーズを基にしたベンチャー企業創出を積極的に支援
- ・ 国は、「量子技術イノベーション協議会（仮称）」等を通じて、企業内ベンチャーや企業発ベンチャーを育成する環境の整備・拡充を支援
- ・ 国は、量子技術を基にしたベンチャー企業創出の拡大に向けて、政府系金融機関や産業革新投資機構等を通じた支援、起業家育成・スタートアップ支援等の拡大を検討
- ・ 国は、量子暗号技術をはじめ、量子技術に関する先端技術や製品等の先行的な導入・活用を促進

## 4. 知的財産・国際標準化戦略

### (1) 知的財産戦略

- 量子技術については、政府のみならず、巨大 IT 企業等が積極的な投資を行い、大学・研究機関等と密接に連携・協力しつつ、最先端の研究開発を展開。こうした企業等は、オープン・クローズドを巧みに使い分けて、特に重要なコア技術については、将来的な困り込みも視野に戦略的な知的財産マネジメントを展開。
- 国・企業の枠を超えた競争が激化する中、我が国においても、量子技術関連の知的財産について戦略的なマネジメントが不可欠。さらに、国内外を問わず、この分野の産学連携・オープンイノベーションの取組が急拡大する中、主に大学・研究機関等におけるオープン・クローズド戦略をプロジェクトに先立ち強化していくことが必要。

目標 : 量子技術に関して、オープン・クローズド戦略に基づく知的財産の戦略的な権利化・利活用等を推進

#### <具体的方策(案)>

- ・ 国は、大学・研究機関等における量子技術に関する研究開発の成果等について、オープン・クローズド戦略に基づく、関連技術も含めた柔軟な権利化・利活用等を促進
- ・ 国は、大学等が有する有望な量子技術に係るシーズと、企業・ベンチャー等のニーズとのマッチングを推進するとともに、大学やこうした企業等における事業化・橋渡し等を促進

### (2) 国際標準化戦略

- 量子コンピュータや量子通信・暗号をはじめ、特に社会実装に近い領域に関しては、量子技術や関連技術の国際標準化に向けた取組を進めていくことが重要。米国では、量子情報科学の分野で、NIST を中心に産学のコンソーシアムを構築し、標準化獲得に向けた検討を開始。また、ISO/IEC JTC1 では量子コンピューティングに関する調査グループを設置し、中国、日本を中心に標準化作業項目の抽出を進めている状況。
- 我が国としても、国際的な競争力強化・市場獲得に向けて、特に強みを有する量子技術領域を中心に、技術的な優位性を活かした国際標準化に係る戦略的な取組を展開していくことが必要。特に、共通の価値観を有する米国や欧州の各国等と協調し、迅速かつ的確な国際標準化戦略を推進することが必要。

目標 : 我が国が強みを有し、大きな経済的波及効果等が期待される量子技術領域を特定し、国際標準の獲得に向けた戦略を検討・推進

#### <具体的方策(案)>

- ・ 国は、大学・研究機関等と連携し、重点技術課題等を中心に関連技術も含めた、研究開発段階からの一体的な国際標準の獲得を支援
- ・ 国は、国際標準化に係る関係団体・認証団体など関係機関との連携・協力の下、標準化が必要な技術の特定や標準策定、認証に至るまでの支援体制を構築
- ・ 国は、量子技術に関して、国際標準化機構 (ISO) 等に対する案件提案や、審議参画等が可能な人材の育成・確保を推進

## 5. 人材戦略

### (1) 優れた人材の育成・確保

- 量子技術をめぐる国際的な競争が激化する中、我が国で量子技術の研究開発等に携わる研究者の層は、諸外国と比して極めて薄い状況。特に量子コンピュータ・量子ソフトウェアなど、欧米や中国の企業が莫大な投資を行い、国内外から優秀な人材を集めて最先端の技術開発を行う中、国際的な人材獲得競争からも大きな後れをとる恐れ。
- 我が国においても、量子技術関連分野の人材層の質と厚みを飛躍的に高めるため、大学をはじめとする高等教育段階において、量子技術関連分野の教育や研究環境等を充実・強化することなどを通じて、当該分野の研究開発等を担う優れた若手研究者・技術者等を戦略的に育成・確保していくことが極めて重要。
- さらに、ポスト AI を見据えて、「AI 戦略」に基づく人材育成とも適切に連携させつつ、大学等で AI を学ぶ学生や研究開発に携わる若手研究者等を対象に、AI 技術に加えて最先端の量子技術に関する知識等を習得する機会を充実・確保し、量子技術関連分野に精通した人材層の厚みを増していくことを検討。

目標 : 5年以内の早い段階で、大学等における量子技術に関する講座・専攻等の設置や体系的な教育プログラムの開発等を通じた人材育成を推進
---

#### <具体的方策(案)>

- ・ 国は、大学・研究機関・企業等と連携・協力し、研究者・技術者の戦略的な育成・確保に向けた「ロードマップ」を作成し、大学等における人材育成・確保を支援
- ・ 国は、大学・大学共同利用機関と連携・協力し、AI 戦略の人材育成策とも連動させつつ、量子技術や関連する分野を幅広く含めた専攻や講座の設置・改編など、量子技術に関する専門的教育を提供する環境・機会の整備を検討・推進
- ・ 大学等は、量子技術に関する体系的・共通的な教育プログラム（教材、カリキュラム等）を開発し、各大学における学部・大学院教育等で活用・実施するとともに、インターネット等を活用した教育を検討・推進
- ・ 国は、大学・研究機関、さらには企業等と連携・協力し、優れた研究者・技術者が組織や分野の枠を超えて相互に人事交流、移籍、クロスアポイントメント等を通じて、量子技術に係る新たな知見・技能等を習得する機会を確保

### (2) 頭脳循環（ブレインサーキュレーション）の推進

- 量子技術をめぐる国家間・企業間の競争が一層激化する中、優れた人材の確保は各国共通の課題であり、国籍の枠を超えて、世界中で人材の獲得競争が急速に進展。我が国は、超伝導量子ビットを世界で初めて成功させ、また量子技術に係る材料開発等では世界トップレベルの研究力を保持しており、既に欧米や中国の企業・大学等から、日本の大学等に所属する優秀な研究者の引き抜きが始まっている状況。
- 我が国においても、量子技術が、先端科学技術に関する国際競争の最前線であることを踏まえ、我が国の研究力の維持・強化を図るとともに、将来の産業競争力等を確保する観点から、国内の研究者確保に加えて、海外から優れた研究者を招聘・確保するための取組を戦略的に進めることが必要。

- さらに、我が国の優れた若手研究者・技術者等の知識・技能等の向上を図るため、海外の大学等で研さんを積む機会を確保することも極めて重要。

目標 : 多国間・二国間の協力枠組み等に基づき、国内外のトップ級の研究者・技術者等の参画を得て、量子技術イノベーションに関する国際シンポジウム等を毎年開催し、頭脳循環を実現する環境を整備・構築

＜具体的方策（案）＞

- ・ 国は、「量子技術イノベーション拠点（国際ハブ）（仮称）」をはじめ、大学・研究機関と連携し、海外から量子技術イノベーションに関わる優れた研究者・技術者等を招聘・確保するための取組を支援・強化
- ・ 大学・研究機関等は、国内外から優れた研究者・技術者等を確保・育成するための環境を整備するとともに、ポスト確保等を通じて積極的な登用を推進
- ・ 国は、大学・研究機関等と連携し、大学等に所属する若手研究者や有望な学生等が海外の研究機関に所属して、量子技術に係る最先端の研究開発に携わる機会を確保するとともに、その後の大学等での積極的な登用等を促進

（３）量子ネイティブ（Quantum Native）の育成

- 量子技術は、中長期にわたる戦略的な研究開発等が必要な分野であり、将来を担う研究者の育成・確保は極めて重要な政策課題。既に米国や欧州等では、国を挙げて、比較的早期の段階から、将来の研究者育成に向けて、量子技術を学ぶ機会を提供するなどの取組を推進。
- 我が国でも、早期の段階から量子技術を使いこなす高い知識・技能を持った「量子ネイティブ（Quantum Native）」の育成・確保に向けて、高等学校や高等専門学校等で特に興味関心を持つ生徒等を対象に、量子力学をはじめ、関連する学問分野等に触れる機会を積極的に提供していくことが重要。
- さらに、学校教育や社会教育等を通じて、生徒等に対し、最先端の量子技術の内容や社会・産業等での利活用の現状・将来に対して、興味関心を喚起するような取組を進めることも重要。

目標 : 将来を担う「量子ネイティブ」の育成・確保に向けて、量子技術に関して、高等学校や高等専門学校等における教育環境の充実や、幅広い科学コミュニケーション活動を展開

＜具体的方策（案）＞

- ・ 国は、高等学校や高等専門学校等における数学・物理等の理数系教育を充実するとともに、特に興味関心の高い生徒に対して、量子力学や電子情報処理、物性・材料科学等、関連する学問や最先端の研究を学ぶ機会の提供等を推進
- ・ 国は、大学・研究機関・企業・科学館等と連携・協力し、科学コミュニケーション活動等を通じて、量子コンピュータをはじめ、最先端の量子技術に触れる機会等を充実・確保



## V. 本戦略の推進体制

- 「統合イノベーション戦略推進会議」を中心に、本戦略に基づく取組を確実に推進するための体制を整備・構築。特に、「量子融合イノベーション領域」や「重点技術課題」等を対象として、中長期的観点から今後10年間に取り組むべき具体的方策等を盛り込んだロードマップを策定し、戦略的に研究開発等を推進する体制を整備。
- また、本戦略やロードマップに基づく取組の実効性を確保する観点から、「統合イノベーション戦略推進会議」の下、関係府省が連携・協力して、税財政面・制度面等あらゆる方策を検討し、確実に実行に移していくことが必要。
- さらに、有識者会議「量子技術イノベーション」を発展的に改組して「統合イノベーション戦略推進会議」の下に、政府と産学の有識者で構成する「量子技術イノベーション会議（仮称）」を設置し、国内外の最新の動向を把握するとともに、本戦略について、適時適切にフォローアップを実施。これらを踏まえて、本戦略の柔軟な改訂・見直しを実施。

(参考)

## イノベーション政策強化推進のための有識者会議「量子技術イノベーション」 の開催について

平成31年2月12日  
統合イノベーション戦略推進会議議長決定

1. 「イノベーション政策強化推進のための有識者会議」の設置について（平成30年7月27日統合イノベーション戦略推進会議決定）第2項の規定に基づき、イノベーション政策強化推進のための有識者会議「量子技術イノベーション」（以下「会議」という。）を開催する。
2. 同第2項及び第3項の規定に基づき、会議の座長及び構成員は別紙のとおりとする。
3. 会議の運営については、同第4項から第7項までのとおりとする。

(別紙)

## イノベーション政策強化推進のための有識者会議「量子技術イノベーション」

### <座長及び構成員>

荒川 泰彦 東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構特任教授

伊藤 公平 慶應義塾大学工学部教授

五神 真 東京大学総長

座長 小林 喜光 株式会社三菱ケミカルホールディングス取締役会長

佐々木 雅英 情報通信研究機構未来ICT研究所主管研究員

寒川 哲臣 NTT先端技術総合研究所所長

十倉 好紀 東京大学東京カレッジ卓越教授

中村 祐一 NEC中央研究所上席技術主幹