

## 第6期科学技術基本計画に向けた検討について（案）

令和元年 月 日  
科学技術・学術審議会  
研究計画・評価分科会  
量子科学技術委員会

# 目次

第1部 量子技術イノベーションの推進	2
1. 基本認識	2
2. 第5期科学技術基本計画期間中の顕著な成果と課題	2
(1) 期間中の顕著な成果	2
(2) 期間中に顕在化した課題	3
3. 今後、特に重点的に取り組むべき事項	4
(1) 主要技術領域及び融合領域における技術開発の推進	4
(2) 国際協力の強化	4
(3) 産学官によるイノベーション創出体制の充実	5
(4) 知的財産管理・国際標準獲得の推進	5
(5) 優れた人材の育成・確保	5
第2部 量子ビームの利用・推進	6
1. 基本認識	6
(1) 最先端の研究施設の整備・共用の推進	6
(2) 産業界の利用拡大と産学連携の促進	6
(3) 国際的な連携・協力の拡大	7
2. 第5期科学技術基本計画期間中の顕著な成果と課題	7
(1) 期間中の顕著な成果	7
(2) 期間中に顕在化した課題	8
3. 今後、特に重点的に取り組むべき事項	8
(1) 研究施設の安全かつ安定的な運用を確保	8
(2) 研究施設を利用した成果の最大化	9
(3) 中長期的観点に立った総合的かつ戦略的な研究施設の在り方	9

## **第1部 量子技術イノベーションの推進**

量子技術は、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、「革新的な計測技術、情報・エネルギー伝達技術、加工技術など、様々なコンポーネントの高度化によりシステムの差別化につながる」ことから、新たな価値創出のコアとなる強みを有する基盤技術の一つとして強化を図るものと位置付けられている。

近年の目覚ましい技術進展に伴い、量子技術のフロンティアは急速に拡大しつつある。このため、政府の統合イノベーション政策強化会議においては、有識者会議を設置し、「AI戦略」、「バイオ戦略」に続く重要技術戦略として、「量子技術イノベーション戦略」の策定に向けた検討が行われている。

本委員会においては、上記状況に鑑み、政府全体の検討と協調しつつ、量子技術が経済・社会に与えるインパクトや我が国の強み・課題、それらを踏まえた推進方策について引き続き調査検討を行う観点から、第6期科学技術基本計画に向けた検討の視点や方向性を以下のとおり整理した。

### **1. 基本認識**

- 量子技術は、高度な情報処理から材料・ものづくり、医療まで応用範囲が広く、非連続に課題を解決できる大きな潜在力を有し、簡単にコモディティ化できない知識集約度の高い技術体系。
- 超スマート社会（Society 5.0）の実現に向けて、社会課題の解決と産業応用を視野に入れた革新的技術の重要性が増しており、将来の経済・社会に大きな変革をもたらさうる量子技術に対する国際的な関心は急速に上昇。
- 投資の拡大と産業応用の模索の動きが世界的に加速する中で、我が国の量子技術に関する優位性をイノベーションに結び付け、「生産性革命」、「健康・長寿社会」、「国及び国民の安心・安全」といった目指すべき社会像に貢献するためには、府省横断で政策を検討・実施すべく、国としてその推進に取り組むことが必要。

### **2. 第5期科学技術基本計画期間中の顕著な成果と課題**

#### **（1）期間中の顕著な成果**

- 第5期科学技術基本計画等を踏まえ、国として、以下のような取組を通じ、量子技術を推進。
  - － 平成28年3月、文部科学省において、戦略的創造研究推進事業（新技術シーズ創出）の戦略目標として、量子関係としては13年ぶりとなる「量子状態の高度制御による新たな物性・情報科学フロンティアの開拓」を決定し、科学技術振興機構において、これに基づく支援を開始。平成29年度以降も、戦略目標として、「量子技術の適用による生体センシングの革新と生体分子の動態及び相互作用の解明」等を決定。
  - － 平成28年4月、量子科学技術を一体的、総合的に推進するため、量子科学技術研究開発機構が発足。平成31年4月、学術的なパラダイムシフトや革新的な医学・医療への応用を目指し、量子生命科学領域を新設。

一 平成29年8月、本委員会において、「量子科学技術（光・量子技術）の新たな推進方策」を策定。これに基づき、文部科学省において、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、「光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）」を開始。

- 量子技術に関する我が国の基礎研究は、国際的にも一定の存在感を有し、基礎理論や知識・技術基盤等に強み・優位性がある。例えば、超伝導量子ビット、量子計算理論、量子センサ材料、光学技術・素子など、その成果が海外で活用・展開される事例も見られる。これらは、長年にわたる研究の蓄積の成果。

## （２）期間中に顕在化した課題

- 現状、我が国には、国を挙げた戦略的な方向性が存在せず、関係府省や企業が、個別に研究開発等の取組を実施。このままでは、量子技術の発展において諸外国に致命的な遅れを取り、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。
- 米国、欧州、中国を始めとする諸外国においては、将来の経済・社会の変革や安全保障の観点から、量子技術を極めて重要な基盤技術として位置付け、国として戦略を策定。国はもとより産業界からも投資を大幅に拡充するなどして、研究開発を推進。
- また、諸外国においては、研究拠点形成や人材育成等の戦略的な取組も展開。特に欧米では、量子技術に関する拠点形成が急速に進展。国内外から優れた研究者を引き付け。
- その一方で、我が国は、量子技術に関する基礎理論や知識・技術基盤等に強み・優位性があるにもかかわらず、技術の実用化や産業化（システム化）に向けた取組に課題を抱えている状況。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といった事由により、大企業の量子技術開発等への積極的な参画には至っておらず、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。
- また、我が国では、量子技術に携わる研究者の層が諸外国と比して極めて薄い上、研究者が様々な機関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が欠如。人材獲得競争からも大きな後れを取る恐れ。
- さらに、国際競争の激化に伴い、米国や欧州では、量子技術について、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、同分野での我が国との連携を模索。我が国と諸外国の強み・競争力を精緻に分析・評価し、国際協力と国際競争を使い分けた戦略的な取組が不可欠。
- 併せて、我が国では、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を働きかけてきているものの、管理体制整備や研究者への周知徹底等に課題も指摘。
- 量子技術関連の知的財産の戦略的なマネジメントや、社会実装に近い領域での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も我が国にとって重要。
- 上記課題に鑑み、政府全体として、目指すべき社会像を実現できるよう、技術開発からイノベーションまでを念頭に置いた、新たな戦略を策定中。今後、当該戦略を踏まえ、量子技術イノベーションに向けた幅広い取組を充実・強化していくことが必要。

### 3. 今後、特に重点的に取り組むべき事項

#### (1) 主要技術領域及び融合領域における技術開発の推進

- 量子技術イノベーション戦略では、中長期・短中期的な観点から、国内外の研究開発動向や我が国の強み・競争力を分析・評価の上、量子技術の基盤となる技術領域として、「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）」を「主要技術領域」に設定。加えて、国として特に重点的に推進すべき技術領域として、量子コンピュータ・量子シミュレーションについては、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）等を、量子計測・センシングについては、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を「重点技術課題」に設定。
- また、同戦略では、我が国が強みを有するこれらの技術領域を基盤として、イノベーションのスピードと確度を高めるべく、量子技術と関連技術とを融合・連携させた我が国独自の新たな技術体系を構築する観点から、「量子融合イノベーション領域」として、「量子AI技術<sup>1</sup>」、「量子生命技術<sup>2</sup>」、「量子セキュリティ<sup>3</sup>」を設定。これらを国の最重点領域として、企業からの投資を積極的に呼び込みつつ、戦略的な取組の推進が必要。
- 重点技術課題及び量子融合イノベーション領域については、今後10年間に取り組むべき具体的方策を示したロードマップを策定することとなっており、それに基づき、研究開発プロジェクトや研究ファンディング等の重点的な拡充が必要。
- さらに、これまで我が国の大学・研究機関等で長年にわたり培ってきた量子技術・人材等の厚みを増す観点からも、多様な技術領域を対象に、長期的視野に立ったサイエンスベースでの研究開発等の着実な推進が必要。

#### (2) 国際協力の強化

- 我が国として、国及び国民の安全・安心や将来の産業・市場を見据え、欧米を中心に、価値観を共有でき、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、政府レベルでの協力枠組みを戦略的に整備・構築していくことが必要。
- また、我が国にとっての強み・競争力、学術的なプレゼンス、研究協力に当たってのメリット・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な協力枠組みを整備・構築し、具体的協力を推進していくことも必要。
- なお、産業・安全保障等の観点からは、外国為替及び外国貿易法に基づき、量子技術を含む先進技術等の厳格な安全保障貿易管理を引き続き推進することが重要。現場の負担に留意しつつ、大学・研究機関等における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が必要。

<sup>1</sup> AI技術の一部を量子コンピュータに置換し、アクセラレータとして活用するなど、量子技術とAI技術とを融合。我が国は量子ソフトウェア開発等で強みを保持。

<sup>2</sup> 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。我が国独自の学問的開拓が始まった段階。

<sup>3</sup> 国及び国民の安全・安心確保の観点から、ネットワークセキュリティ高度化を図るため、古典・量子技術とを融合。我が国としても量子通信・中継で先進的な取組を実施。

### (3) 産学官によるイノベーション創出体制の充実

- 我が国が強み・競争力を有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、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、産学官共創により一貫通貫で行う「顔の見える」拠点の形成が重要。このため、量子技術イノベーション戦略では、新たに形成すべき国際研究拠点として、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、量子生命研究拠点、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を「量子技術イノベーション拠点（国際ハブ）（仮称）」の候補に設定。
- 同拠点においては、大学・研究機関等を中核として、国内外から研究者・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・企業間の連携・協力体制を構築することが必要。併せて、量子技術分野の人材育成機能を設置することも必要。
- さらに、産学官の多様なステークホルダーが集い、量子技術の現状分析や産業・社会での利活用等を検討・議論するための場を設け、協調領域でのオープンイノベーションを促進する仕組みや、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の整備が必要。

### (4) 知的財産管理・国際標準獲得の推進

- 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き、大学・研究機関等における柔軟な権利化・利活用等の促進や、大学等有する有望なシーズと、企業・ベンチャー等のニーズとのマッチング・事業化等の促進が必要。
- また、国際的な競争力強化・市場獲得を視野に入れ、我が国が強み・競争力を有する技術領域を中心に、共通の価値観を有する米国や欧州等と協調しつつ、技術的な優位性を活かした国際標準化に向けた戦略的な取組を速やかに展開していくことが必要。

### (5) 優れた人材の育成・確保

- 我が国においても、量子技術関連分野の人材を質・量ともに飛躍的に充実させるため、大学を始めとする高等教育段階において、当該分野の教育・研究環境等の充実・強化を通じ、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必要。その際、分野を超えて俯瞰できる能力の涵養も重要。
- 我が国の研究力の維持・向上や、将来の産業競争力等の確保といった観点から、「量子技術イノベーション拠点（国際ハブ）（仮称）」と連携し、国内の研究者確保はもとより、海外からも優れた研究者を招聘・確保するための戦略的な取組が必要。同時に、我が国の優れた若手研究者・技術者等が海外の大学等で研さんを積む機会の確保を含め、若手研究者・学生のキャリアアップの視点が重要。
- 量子技術を使いこなす高い知識・技能を持った将来を担う研究人材を早期の段階から育成・確保すべく、特に興味関心を持つ高等学校や高等専門学校生徒等を対象に、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。

## 第2部 量子ビームの利用・推進

我が国では、これまで科学技術基本計画等を踏まえ、国が主導して、大型放射光施設（SPring-8）、X線自由電子レーザー施設（SACLA）、大強度陽子加速器施設（J-PARC）といった世界最先端の大型研究施設を整備・運用するとともに、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」（平成6年法律第78号）（以下、「共用法」という。）に基づき、これらの施設について、アカデミアや産業界の幅広い共用を促進してきた。

放射光、中性子線やレーザー等の量子ビームは、物質・材料の構造解析や機能分析等に必須のツールであり、我が国の研究力や産業競争力を発展させていく上でも、量子ビームに関する世界最先端の大型研究施設は極めて重要な研究基盤・研究インフラである。米国・欧州等が、大型研究施設を整備を急速に進展させる中、我が国としても、研究基盤・研究インフラの競争力を維持・強化していくための戦略的な取組が必要不可欠である。

量子ビーム利用推進小委員会では、こうした認識を共有した上で、共用法に基づく大型研究施設をはじめ、我が国の最先端の各研究施設の今後の在り方を考える観点から、第6期科学技術基本計画の策定に向けた検討の視点や方向性を以下の通り整理した。

### 1. 基本認識

#### （1）最先端の研究施設の整備・共用の推進

- 我が国では、量子ビームに関する最先端の大型研究施設として、SPring-8、SACLA、J-PARC MLFを整備し、安定的な運用を行うとともに、共用法に基づく幅広いユーザーへの供用を促進。これらの施設は、世界トップレベルの施設性能を保持し、多くの研究成果を継続的に創出。さらに、本年度より、国が主導する大型の量子ビーム施設としては、約10年ぶりとなる「次世代放射光施設」の整備を官民地域パートナーシップにより開始。
- 一方、諸外国では、新たな大型研究施設の整備や高度化等を推進。米国では次世代放射光施設としてNSLS-IIを2014年に建設し、X線自由電子レーザー施設としてLCLS-IIのアップグレードを実施中。欧州では、Diamond（英国）、SOLEIL（仏国）、MAX IV（スウェーデン）等の次世代放射光施設の利用が進み、Swiss FEL（スイス）、European XFEL（ドイツ）等のX線自由電子レーザー施設の利用も開始。アジアでは、中国を中心に放射光施設、FEL施設、超高強度レーザー施設の計画が進展。韓国でもPAL-XFELが利用を開始。我が国としても、最先端の大型研究施設等に関する計画的かつ戦略的な整備・更新等が不可欠。

#### （2）産業界の利用拡大と産学連携の促進

- 共用法に基づく大型研究施設については、放射光や中性子線の利用・用途拡大に伴い、アカデミアのみならず、企業のユーザーが着実に増加。また、こうした大型研究施設のみならず、各大学・研究機関等が有する量子ビームに関する国内の各研究施設においては、こうした施設を中核（ハブ）とした産学連携の枠組みやコミュニティの形成など、共同利用や共同研究の取組が拡大。今後は、企業の具体的なニーズと大学・研究機関等

が有するシーズとのマッチングを拡大するための取組が重要。

- また、放射光と中性子線など、複数の量子ビームを相補的・相乗的に活用し、製品開発や性能評価等を行うなど、目的に応じて最適な研究施設や設備を選択し、データ等を取得する取組が大きく進展。

### (3) 国際的な連携・協力の拡大

- SPring-8、SACLA、J-PARC MLF といった最先端の大型研究施設については、米欧中をはじめ、海外の大学・研究機関等に所属する研究者等の利用が、近年、大幅に増加。アカデミアを中心に、こうした大型研究施設を利用した国内外の研究者による共同研究や共同利用の取組も拡大。
- また、SPring-8、SACLA を運用する理化学研究所や J-PARC MLF を運用する日本原子力研究開発機構と、海外の関連機関との連携・協力の枠組みの構築が拡大。さらに、日米・日欧をはじめ、放射光や中性子線の利用や、これを支える加速器技術等に関する政府間の連携・協力の枠組みの構築も進展。今後とも、こうした連携・協力を一層拡大していくことが重要。

## 2. 第5期科学技術基本計画期間中の顕著な成果と課題

### (1) 期間中の顕著な成果

- 最先端の大型研究施設の安定的な運用確保と利用の拡大  
(第5期科学技術基本計画期間中(平成28年度～現在)のSPring-8、SACLA、J-PARC MLFの運転時間及び利用者実績)

施設	運転時間	利用者数
SPring-8	H28: 4952 時間 H29: 5282 時間 H30: 5439 時間 R1 : 5000 時間 (予定)	H28: 16,113 人 H29: 17,607 人 H30: 17,011 人
SACLA	H28: 5861 時間 H29: 6281 時間 H30: 6281 時間 R1 : 5815 時間 (予定)	H28: 1,188 人 H29: 1,219 人 H30: 1,296 人
J-PARC MLF	H28: 7 サイクル H29: 8 サイクル H30: 8 サイクル R1 : 7.5 サイクル (予定)	H28: 14,350 人 H29: 14,100 人 H30: 15,430 人

- 同施設を利用した顕著な研究成果の創出  
(物質科学・ナノテクノロジー) 物質の構造や性質の解明、制御技術の開発により、新たな超伝導材料、水素貯蔵材料、高分子材料等の開発に貢献。  
(研究例) 次世代冷却技術につながる固体冷媒の開発、全固体型セラミックス電池材料の開発 等  
(生命科学) DNA やタンパク質の構造・機能を原子・分子レベルで解明することなどにより、生命活動を理解し、病気の原因解明・予防、治療薬の開発に貢献。  
(研究例) 創薬のターゲットとなる膜タンパク質、光合成に機能する膜タンパク質や

インフルエンザウイルスの構造解明 等

(産業利用) 半導体などのエレクトロニクス分野、金属・高分子などの素材分野、触媒や燃料電池など環境・エネルギー分野等の製品開発に貢献。

(研究例) タイヤの相反性能を飛躍的に向上させる新材料開発技術、毛髪損傷構造の可視化 等

(地球・惑星科学) 地球深部の構造や隕石・彗星の塵の組成などを解明し、地球新化や太陽系誕生の謎の解明に貢献。

(研究例) 小惑星イトカワの微粒子の分析、地球深部の岩石中の水素状態の解析 等

#### ○次世代技術開発の促進

物性測定への適応が期待される極短パルスレーザーの開発、小型高輝度中性子源システムの整備・高度化、次世代放射光施設に活用できる加速器の高性能化、小型化 等

### (2) 期間中に顕在化した課題

- 放射光、中性子線やレーザー等の量子ビームに関する国内の各研究施設の国際競争力を維持・強化していくためには、こうした施設の安全かつ安定的な運用を確保するとともに、適切な維持・管理や、施設・設備の更新（アップデート）を行うことが必要。また、加速器やビームライン等の高度化を図る上で、要素技術の開発やビームラインにおける測定自動化など、効率的な運用や施設利用を実現するための研究開発等の取組が重要。
- 一方、共用法に基づく国の大型研究施設と、大学や研究機関等、さらには自治体が有する量子ビームに関する各研究施設との連携・協力の構築や、相互の位置づけ・役割分担の明確化等に課題。これらも含め、各研究施設の設備・機器や人材について、一部で重複や余剰等も指摘されており、より効率化に向けた取組が必要。
- アカデミアや産業界の一層の利用拡大に向けて、国内の各研究施設において、共用・共同利用に供する専用のビームラインやビームタイムの導入、利用料金制度の柔軟な見直し、実験支援から解析まで一貫して支援する体制の充実、さらには産学連携を促進するためのコミュニティ形成など、施設を利用するユーザーの裾野拡大と利用者支援の充実・強化に向けた取組が必要。
- 国内の各研究施設の整備・運用、また既存施設・設備の更新（アップデート）等を行うためには、それらに携わる研究者・技術者等の継続的な育成・確保が必要不可欠。さらに、上記のように施設の一層の利用拡大を図るためには、各研究施設において利用者支援等に携わる人材の育成・確保が必要。

## 3. 今後、特に重点的に取り組むべき事項

### (1) 研究施設の安全かつ安定的な運用を確保

- 放射光、中性子線やレーザー等の量子ビームに関する国内の各研究施設は、最先端の研究のみならず産業競争力を発展させる上で不可欠な研究基盤・研究インフラである。共用法に基づく国が有する大型研究施設については、引き続き、安全かつ安定的な運用

を確保するとともに、共用法に基づき、アカデミア・産業界等の幅広いユーザーに対する供用を推進。また、大学・研究機関、自治体等が有する量子ビームに関する各研究施設については、それぞれの位置づけ・役割分担を明確にした上で、安定的な運用や共用・共同利用等を促進するための取組を支援。

- 経年劣化対策も含め、国内の各研究施設の適切な維持・管理や、施設・設備の更新（アップデート）を着実に実施するとともに、国際競争力を維持・強化する観点から、各研究施設の高度化・高性能化に向けた加速器・検出器等の要素技術等に関する研究開発や、量子ビームに関する共通基盤技術の研究開発、さらには、これらを踏まえた各研究施設の整備等を推進。

## （２）研究施設を利用した成果の最大化

- 量子ビームに関する国内の各研究施設を利用した成果を最大化する観点から、アカデミアや産業界等における潜在的なユーザーを開拓・拡大するとともに、こうした各研究施設を、我が国の産業・イノベーションの発展に向けた中核（ハブ）拠点として位置づけた上で、ユーザー支援の一層の充実・強化や、施設を利用した産学連携を一層促進。さらに、海外の研究機関との協力枠組みの拡大や、国内外の研究者による共同利用・共同研究等の促進など、国際連携・協力を積極的に推進。
- SPring-8 と J-PARC MLF の相互利用など、放射光施設と中性子線施設といった複数施設の相補的・相乗的な利用や、それに向けた共通のプラットフォーム形成を促進。また、こうした国内の各研究施設で得られる資料やデータを有効活用するとともに、アカデミアや産業界等のユーザー拡大につなげる観点から、オープンデータ・オープンアクセスに関する取組を積極的に推進・拡大。
- 量子ビームに関する国内の各研究施設の開発・整備・運用や、利用分野や利用者層の裾野拡大、さらには利用者支援等に携わる研究者・技術者等の確保に向けて、中長期的観点から継続的な人材育成・確保に関する取組が極めて重要。このため、国において、国内の各研究施設における人材需要や供給源に関する総合的な調査を実施するとともに、それを踏まえた中長期的な人材育成・確保に向けた具体的方策を検討・実施。

## （３）中長期的観点に立った総合的かつ戦略的な研究施設の在り方

- 上記の観点も含め、我が国の放射光施設、中性子線施設、さらには国の大型研究施設はないものの大学・研究機関等で様々な施設が存在するレーザー施設の一体を「量子ビーム施設」として位置づけ、国、大学・研究機関、地方自治体といった設置主体の異なる各研究施設を俯瞰的に捉えた上で、今後の我が国の量子ビーム施設の在り方に関する総合的かつ戦略的な検討を開始（2020年度を目途に、「量子ビーム施設に関する中長期戦略（仮称）」を策定）。
- その際、諸外国における量子ビームに関連する施設の整備・高度化の動向、設置主体の異なる各研究施設の位置づけ・役割分担、国主導による大型研究施設の整備としては10年ぶりとなる次世代放射光施設等の新たな施設の整備に伴う利用者動向等を適切にとらえた検討を行うことが重要。