



幅広い分野との融合・連携を推進して量子技術のフロンティアを開拓し、量子コンピュータ等の早期実現を目指す

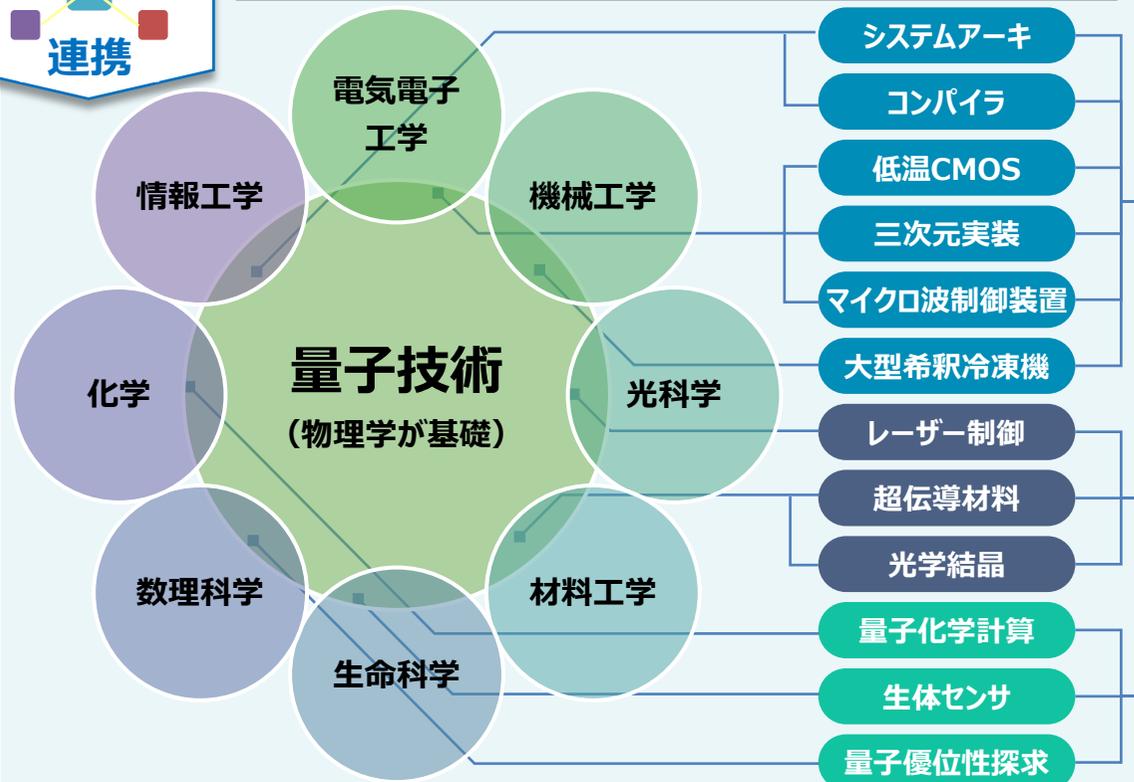
# 量子フロンティア開拓のための共創型研究

異分野融合



背景

量子技術はこれまで物理学が基礎となって発展  
更なる発展に向けては**様々な分野との融合・連携が必要**



- システムアーキ
- コンパイラ
- 低温CMOS
- 三次元実装
- マイクロ波制御装置
- 大型希釈冷凍機
- レーザー制御
- 超伝導材料
- 光学結晶
- 量子化学計算
- 生体センサ
- 量子優位性探求

達成目標

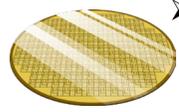
将来の量子技術の実現を見据えて材料・デバイスからアプリケーションまでの全レイヤでブレイクスルーを目指した研究を推進

## 1 量子技術の実現を見据えたシステム化研究の推進



▶ 量子コンピュータ、量子センサ、量子通信・暗号の実現に向けて、周辺装置・エレクトロニクス・システムアーキテクチャ、アルゴリズム等の様々な分野と協調・融合した研究開発を推進

## 2 新たな量子系や制御方式の探求



▶ 材料や半導体、光科学等と連携し、先行する量子系にはない高いポテンシャルを持った新奇量子系や、複数量子系のハイブリッド方式、新たな制御方法等を探求

## 3 量子技術の新たな用途の開拓



▶ 量子技術の応用領域の拡大や、ある用途で有望な量子系を他の用途で活用する研究など、量子技術の新たな用途を開拓し、ポテンシャル最大化を目指す研究を推進

将来像

コンピューティング、センシング、通信性能の飛躍的向上による産業の成長機会創出、社会課題解決等

**経済成長**  
~Innovation~

次世代高速コンピューティングによる生産性革命など、産業の成長機会創出等の経済成長を実現



**人と環境の調和**  
~Sustainability~

次世代環境材料の開発や、エネルギーベストミックス等によるカーボンニュートラルなど、人と環境が調和し、持続的に発展する社会を実現



**心豊かな暮らし**  
~Well-being~

量子暗号通信による安全・安心な暮らし、次世代診断による健康・長寿など、人々の心豊かな暮らしを実現



## 令和5年度戦略目標

### 1. 目標名

量子フロンティア開拓のための共創型研究

### 2. 概要

量子技術は社会・経済に大きなイノベーションをもたらすと期待される革新的技術であるが、その実現に向けては様々な課題が山積している。従来、量子技術は物理学が基礎となって発展してきたが、これらの課題の解決に向けては数理学・化学・情報工学・電気電子工学・機械工学・光科学・材料工学・生命科学などの幅広い分野との融合・連携が必要となる。本戦略目標では、将来的な量子技術の実現を見据えて材料・デバイスからアプリケーションまでの全レイヤでブレイクスルーを目指した研究を推進し、様々な分野とも協調・融合しながらこれまでになかった量子デバイスとその制御技術、システム、アプリケーションの実現を目指す。

### 3. 趣旨

量子コンピュータや量子センサ、量子通信・暗号等の量子技術は、社会・経済に大きな変革をもたらす革新的技術であり、世界中で開発競争が加速している。政府でも令和4年度に国家戦略「量子未来社会ビジョン」が策定されるなど重点技術として位置付けており、国際競争に伍していくためにも量子技術分野の研究開発を加速させる必要がある。

一方、量子コンピュータ等を実現するためには量子系の大規模化や安定した状態制御等のブレイクスルー技術が必須である。また、量子技術はまだ実験室レベルのものが多く、実現を見据えたシステム化（周辺エレクトロニクスやシステムアーキテクチャ等）についての研究も十分ではない。さらに、量子コンピュータが得意な計算は限られているように、量子技術の応用範囲もまだまだ限定的であり、量子技術の新たな用途開拓の余地が十分にあると考えられる。

このように様々な課題が山積しているが、これまで量子技術の発展を支えてきた物理学の研究者だけでは解決できない課題も多く、今後は数理学・化学・情報工学・電気電子工学・機械工学・光科学・材料工学・生命科学などの幅広い分野の知見が必要になる。そのため、これらの様々な分野の技術・システムとの協調・融合による研究開発が必須である。

### 4. 達成目標

本戦略目標では、将来の量子技術の実現を見据えて材料・デバイスからアプリケーションまでの全レイヤでブレイクスルーを目指した研究を推進し、様々な分野とも協調・融合しながらこれまでになかった量子デバイスとその制御技術、システム、アプリケーションの実現を目指す。具体的には、以下の達成を目指す。

#### (1) 量子技術の実現を見据えたシステム化研究の推進

量子コンピュータ、量子センサ、量子通信・暗号等の実現に向けて、周辺装置・エレクトロ

ニクス・システムアーキテクチャ、ソフトウェア、アルゴリズム、材料等の様々な分野の技術・システムと協調・融合した研究開発を推進する。

## (2) 新たな量子系や制御方式の探求

材料、半導体、光科学等と連携し、先行する量子系にはない高いポテンシャルを持った新奇量子系や複数量子系のハイブリッド方式等を探求する。また、数理科学等とも協調しながら非平衡系の学理等を踏まえたデコヒーレンス機構等を追及し高いコヒーレンス時間を持つ量子系を探求する。さらに従来エレクトロニクスや機械学習（AI）等のアルゴリズム等を駆使し、大規模化した量子系の安定した制御方法等を開拓する。

## (3) 量子技術の新たな用途の開拓

量子技術の応用領域の拡大に向けた研究や、ある用途で有望な量子系を他の用途で活用する研究など、量子技術の新たな用途を開拓し、同技術のポテンシャルの最大化を目指す研究を推進する。

## 5. 見据えるべき将来の社会像

量子コンピュータの実現により、産業・科学等の様々な分野において従来型計算機で不可能な計算が可能になり、経済・社会の発展に大きく貢献することが見込まれる。また、量子センサにより従来センサの限界を超える性能が実現できれば、脳の構造や機能解明、宇宙など極限環境での探査活用等が見込まれる。さらに量子暗号通信により究極的に安全・安心な通信が可能になり、量子インターネットが実現すれば分散量子計算によって計算能力も飛躍的に向上する。これらを始めとする様々な量子技術の利活用によって、「量子未来社会ビジョン」でも掲げている「経済成長」、「人と環境の調和」、「心豊かな暮らし」を価値観とした経済・環境・社会が調和する未来社会の実現が期待される。

## 6. 参考

### 6-1. 国内外の研究動向

量子技術は、将来の我が国及び世界の経済・社会に大きな変革をもたらす革新的技術として期待されており、経済安全保障上も重要な技術である。特に量子コンピュータを対象に巨額な投資がなされ民間企業も含めて国内外で開発競争が激化するとともに、近年、「量子超越性」を実証したとする報告がなされる等、量子技術への期待が高まっている。

#### (国内動向)

平成 28 年度戦略目標「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」、平成 29 年度戦略目標「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」、平成 31 年度戦略目標「量子コンピューティング基盤の創出」、令和 4 年度戦略目標「量子情報と量子物性の融合による革新的量子制御技術の創成」等に基づく CREST/さきがけの研究領域により、長期的な視点に立った量子技術に関する基盤的研究が進められ、量子情報

処理や量子センシング、量子通信・暗号等、今日の量子技術の礎が築かれた。

また、令和2年1月に政府が策定した「量子技術イノベーション戦略」も踏まえながら、光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）や共創の場形成支援プログラム等の大型プロジェクトが推進され、量子コンピュータ、量子ソフトウェア、量子センシング等の社会実装や拠点化を指向した研究開発が実施されている。ムーンショット型研究開発制度（目標6）においても、2050年を目標に誤り耐性型汎用量子コンピュータの実現を目指す挑戦的な研究開発が進行中である。

さらに令和4年4月には、産業競争力強化や社会課題解決等に向けて量子技術を活用して産業・社会のトランスフォーメーションを起こすことを目指して「量子未来社会ビジョン」が策定された。令和4年10月には量子未来社会ビジョンで示された2030年に目指すべき状況の実現への道筋（量子技術の実用化のために必要な取組、産学官の連携の在り方等）を検討するため、「量子技術の実用化推進ワーキンググループ」が設置され、令和5年3月末までに実行計画案を取りまとめる予定である。

#### （国外動向）

量子技術に関して、米国は2019年から5年間で最大13億ドル（約1,400億円）規模を投資、EUは2018年から10年間で10億ユーロ（約1,300億円）規模のプロジェクトを開始、中国は2016年から5年間で約70億元（約1,200億円）の研究計画を実施する等、競争が激化している。

IBMなどの海外企業は量子コンピュータのクラウドサービスの提供を開始するなど一部で社会実装を進めている。中国でも巨額投資がなされ、量子情報科学拠点の形成が進むとともに、超伝導方式や光量子方式で量子超越性の実証実験がなされる等、インパクトのある成果が創出され始めた。

## 6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」（令和元年7月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 科学研究費助成事業データベース等を用いた国内の研究動向に関する分析及び研究論文データベースの分析資料を基に、科学技術・学術政策研究所科学技術予測センターの専門家ネットワークに参画している専門家や科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）の各分野ユニット、日本医療研究開発機構（AMED）のプログラムディレクター等を対象として、注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。
2. 上記アンケートの結果及びJST-CRDS戦略プロポーザル「量子2.0～量子科学技術が切り拓く新たな地平～」や有識者インタビュー等を参考にして分析を進めた結果、様々な分野との連携・融合が重要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「量子技術の実用化に向け

たフロンティア技術開拓」を特定した。

3. 令和4年11月に、文部科学省とJSTは共催で、注目すべき研究動向「量子技術の実用化に向けたフロンティア技術開拓」に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、量子技術の実用化に向けた課題や異分野との連携の重要性等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者へのインタビュー等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

### 6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「第6期科学技術・イノベーション基本計画」（令和3年3月26日閣議決定）

#### 第3章2. ③量子技術

- ・量子コンピュータ、量子計測・センシング、量子通信・暗号等をはじめとする主要技術に関する研究開発の抜本的強化、量子技術イノベーション拠点の形成、国際協力の促進、戦略的な知的財産マネジメントと国際標準化、優秀な人材の育成に加え、既存技術と組み合わせることによる短中期での実用化も含めた、量子技術の産業・社会での利活用の促進等、基礎基盤的な研究開発から社会実装に至る幅広い取組を、我が国の産学官の総力を結集して強力に推進する。

「量子技術イノベーション戦略」（令和2年1月21日統合イノベーション戦略推進会議決定）

#### 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

- ・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」として設定する。
  - ・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）
- ・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、我が国の技術・人材等の厚みを増す観点からも、幅広い領域を対象として中長期的視野に立ったサイエンスベース（基礎研究段階）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である。

「量子未来社会ビジョン」（令和4年4月22日統合イノベーション戦略推進会議決定）

##### 3. 基本的考え方

- （1）量子技術を社会経済システム全体に取り込み、従来型（古典）技術システムとの融合により（ハイブリッド）、我が国の産業の成長機会の創出・社会課題の解決
- ・量子技術は社会経済システム全体において利活用し、創薬・医療、材料、金融、エネルギー、生活サービス、交通、物流、工場、安全・安心などの幅広い分野において、産業の成長機会の創

出や社会課題の解決の実現に貢献していくことが期待される。

このことから、量子技術に関する研究開発や社会実装、産業化等の取組を進める際には、様々な社会経済の分野と連携し、社会経済システム全体に量子技術を取り入れて利活用していく俯瞰的な視点が重要である。また、AI 等の計算機科学、5G/Beyond 5G 等の情報通信技術、計測・センシング技術、半導体等の従来型（古典）技術システムとも融合して一体的に考えていく視点も重要となる。

## 7. その他

本戦略目標では、数理学・化学・情報工学・電気電子工学・機械工学・光科学・材料工学・生命科学等、幅広い分野からの参入を強く期待する。本戦略目標で対象とする研究分野や研究者層は、当該学会にてシンポジウム講演や特別セッション等を設定することで潜在的な応募者への宣伝や連携の促進等を行うことが期待される。

また、本戦略目標の実現においては、上記 6.（国内動向）に示した量子技術関係の戦略目標で実施している研究や、光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）・ムーンショット型研究開発制度（目標 6：誤り耐性型汎用量子コンピュータ）・戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 3 期「先進的量子技術基盤の社会課題への応用促進」と密接に連携・情報共有することにより、新たな研究進展や成果創出の加速を促すことが望まれる。