

量子技術イノベーション戦略の概要



令和2年9月

量子技術をめぐる国内外の動き

○海外の状況

- 米欧中を中心に諸外国では、「量子技術」を国家戦略上の重要技術と位置づけ、戦略策定、研究開発投資の拡充、拠点の形成等を急速に展開



アメリカ

- ✓ トランプ政権下、研究開発戦略及び関連法を制定
- ✓ 5年間で約1,400億円の投資 (DOD、CIAを除く)
- ✓ 10か所程度、拠点を形成 (DOE、NSF)
- ✓ Google、IBM、ベンチャーが量子コンピュータを開発中



EU

- ✓ 2017年、研究開発戦略を策定
- ✓ 10年間、約1,250億円の Flagshipプロジェクトを開始
- ✓ 加えて、各国が独自予算で研究開発を実施
- ✓ 特に、蘭・英等は、国際的な拠点を形成。Intel等の民間投資を呼び込んでいる



中国

- ✓ 官民ともに研究開発を積極的に展開
- ✓ 量子関係の研究所を約1,200億円かけて建設中
- ✓ 安全保障の観点から、量子暗号への取組を拡大
- ✓ アリババ、Huawei等が、自社内に量子コンピュータのチームを立ち上げ



○我が国の状況

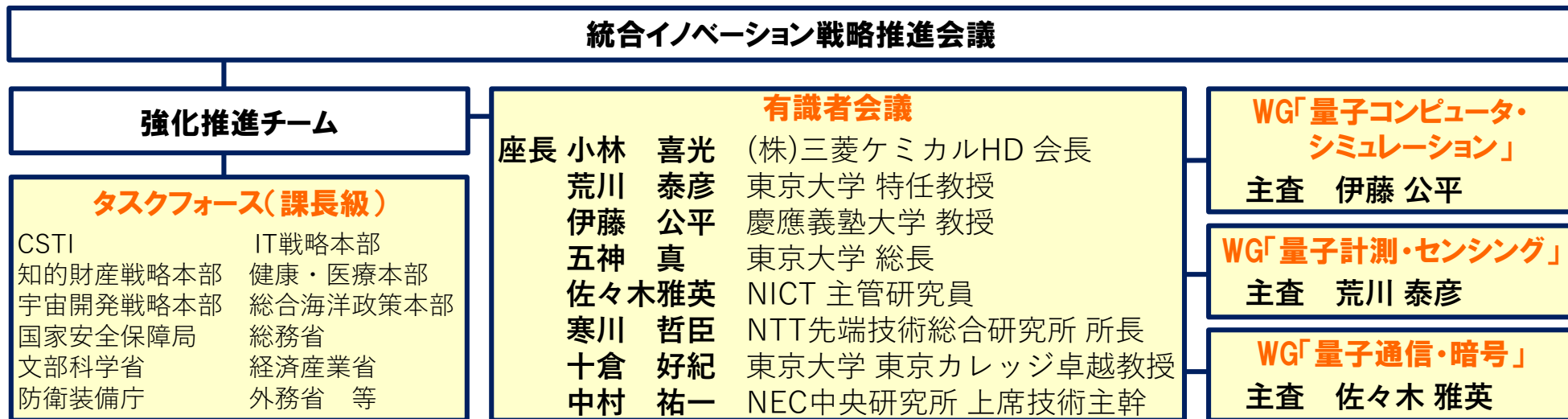
- 長年にわたる研究の蓄積により、我が国は基礎理論や基盤技術（材料技術）等に優位性を有するため、研究協力に対する米欧からの関心は高い
- しかし、国を挙げた戦略的な方向性や世界に顔の見える研究開発拠点等が存在しない。そうしたこともあり、諸外国と比べ、我が国の研究開発投資は見劣り

このままでは量子技術で諸外国に致命的な後れを取るおそれ

量子技術イノベーション戦略の検討体制及び経緯

検討体制

- 統合イノベーション戦略推進会議の下に、有識者会議「量子技術イノベーション」及びタスクフォースを設置
- ロードマップを検討するためのWGを開催



検討経緯

- 平成31年 2月 有識者会議を設置
- 令和元年 5月 第3回有識者会議において、中間整理(案)を審議 ➡ 「統合イノベーション戦略2019」に反映
- 6月 第5回統合イノベーション戦略推進会議で中間整理を報告
- 7月 第4回有識者会議において、中間報告(案)を審議 ➡ 中間報告を策定 (7月30日)
- 9月～10月 WGにおいて、ロードマップを検討
- 11月 第6回有識者会議において、ロードマップ(案)と最終報告(案)を審議
- 令和2年 1月 推進会議・CSTI本会議で、最終報告を決定・報告 ➡ 「量子技術イノベーション戦略」を策定

量子技術イノベーション戦略のポイント

- 量子技術は、将来の経済・社会に変革をもたらす、安全保障の観点からも重要な基盤技術であり、米欧中では本分野の研究開発を戦略的かつ積極的に展開
- 我が国においても「量子技術イノベーション」を明確に位置づけ、日本の強みを活かし、重点的な研究開発や産業化・事業化を促進。量子コンピュータのソフトウェア開発や量子暗号などで、世界トップを目指す

＜量子技術イノベーション創出に向けた重点推進項目＞

I 重点領域の設定

- ✓世界に先駆けて「量子技術イノベーションを実現」



- ✓「主要技術領域」、「量子融合イノベーション領域」を設定し、ロードマップを策定

〔例：量子コンピュータ、量子通信・暗号、量子AI、量子セキュリティ〕

- ✓研究開発支援を大幅に強化し、企業等からの投資を呼び込み

II 量子拠点の形成

- ✓国内外から人や投資を呼び込む「顔の見える」拠点が不可欠



- ✓「量子技術イノベーション拠点(国際ハブ)」の形成を本格化

〔例：量子ソフトウェア研究拠点、量子慣性センサ研究拠点〕

- ✓基礎研究から技術実証、人材育成まで一貫通貫で実施

III 国際協力の推進

- ✓産業・安全保障の観点から、欧米との国際連携が極めて重要



- ✓量子技術に関する多国間・二国間の協力枠組みを早期に整備

〔令和1年12月に日米欧3極によるシンポジウムを日本で初開催〕

- ✓特定の国を念頭に安全保障貿易管理を徹底・強化

上記の取組を含め、量子技術イノベーションの実現に向けて、5つの戦略を提示

技術開発戦略

国際戦略

産業・イノベーション戦略

知財・国際標準化戦略

人材戦略

量子技術イノベーション会議

①背景

- **「量子技術イノベーション戦略」**（令和2年1月統合イノベーション戦略推進会議決定）において、量子戦略の今後の推進方策について、以下の通り明記。

『V. 本戦略の推進体制』

- ・ **統合イノベーション戦略推進会議の下**、関係府省等が連携・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
 - ・ このため、有識者会議を発展的に改組し、**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」の設置を検討**
- これを踏まえて、新たに**「量子技術イノベーション会議」を開催し、量子戦略に基づく幅広い取組を強力に推進**するとともに、新型コロナウイルス感染症により持続的・強靱・包括的な社会へと変わり、Society 5.0 への構造的な変革が求められる中、国内外の最新動向を把握し、同戦略の着実な**フォローアップを実施**

②量子技術イノベーション会議について

構成員	◎五神 真 東京大学総長【座長】	
	○荒川 泰彦 東京大学特任教授 ○伊藤 公平 慶應義塾大学教授 ○加藤 光久 コンポン研究所所長/豊田中研アドバイザー ○金山 敏彦 産業技術総合研究所特別顧問 ○北川 勝浩 大阪大学教授/ムンショット型研究開発制度PD	○佐々木 雅英 NICT主管研究員 ○佐藤 康博 みずほフィナンシャルグループ取締役会長 ○篠原 弘道 NTT取締役会長/CSTI議員(非常勤) ○十倉 好紀 理研CEMSセンター長/東京大学卓越教授 ○中村 祐一 NEC R&Dユニット主席技術主幹
政府関係者	◎和泉 洋人 内閣官房イノベーション推進室長	
	○赤石 浩一 内閣官房イノベーション推進室イノベーション総括官 ○木村 聡 内閣官房イノベーション推進室審議官	○柳 孝 内閣府政策統括官 (科学技術・イノベーション担当) ○各府省等審議官級

③スケジュール

- 四半期毎に会議を開催予定

（参考） ロードマップの例

技術ロードマップ例 ①ゲート型量子コンピュータ(超伝導量子ビット)

参考

- 大規模で複雑な計算を高速・高精度・低消費電力で実行可能な汎用デジタル量子コンピュータを実現
- 10年後以降、1,000個程度の物理量子ビットを実装。さらに、量子誤り訂正された50個程度の量子ビットを実装
- 大規模化に向けた設計支援技術や冷凍・低温技術開発により、大規模化を進める

経済・社会 インパクト

量子計算を用いた乱数生成 分散型量子コンピュータの開発 セキュアな分散型量子コンピューティングの実現 ブラインド量子計算

量子セキュアネットワーク技術開発

科学技術フロンティアの拡大(素粒子・物性物理学研究への展開、量子生命現象への応用) 創薬、流体、構造解析などへの活用

量子超越性の実現を契機とした計算機科学の進展 高温超伝導体、人工光合成物質、革新的デバイス、高効率触媒等の開発

量子超越性の実証 NISQによる量子超越性の実現 NISQを越えた汎用デジタル量子コンピューティング

超低消費電力デバイス、高度なシステム制御HW/SW技術の進展 コンピューティング、通信、計測・センシングにおける革新的システムの実現でIoTの未踏領域の開拓

高性能量子センシングの実現

量子ビット 集積化

物理量子ビット(50量子ビット程度)の任意の制御が可能に 物理量子ビット(100量子ビット程度)の任意の量子制御が可能に 500~1,000個の物理量子ビットを実装した量子コンピュータが出現 量子誤り訂正された論理ビット(10~50個)を実装した量子コンピュータが出現

(50量子ビット程度による)量子超越の実証 NISQ向けアルゴリズムの実証(100~1000量子ビットによる)

クラウド サービス

NISQ向け量子クラウドサービスの開発 大規模量子計算用クラウドサービスの開発 大規模量子計算用クラウドサービスの実装

誤り訂正型量子コンピュータの開発

量子コンピュータネットワークの活用 量子インターネットの構築

技術の進展

システム 化技術

スケーラブルな量子ビット集積回路アーキテクチャの開発 スケーラブルな配線アーキテクチャの開発 制御エレクトロニクスの小型化・集積化 大規模量子コンピュータ構築

製造技術

量子ビット製造技術の開発 超高密度実装

スケーラブルチップパッケージの開発 集積化量子ビット信号処理回路の開発

低温フロントエンド信号処理回路の開発

制御・ 計測技術

超高帯域の任意波形発生器、アナログ・デジタルコンバータ クライオCMOS、RFSQ等によるオンチップ制御集積回路

自律AI型量子ゲート較正装置

本技術を支 える周辺技 術の進展

冷凍・ 低温技術 設計支援 技術

ケーブル・コネクタ・マイクロ波部品小型集積化 希釈冷凍機システムの大型化

量子回路・レイアウト設計開発環境の開発 全設計・検査工程の自動化技術の開発

現在
(2019年度)

5年後
(2024年度)

10年後
(2029年度)

20年後
(2039年度)

技術ロードマップ例 ②固体量子センサ(ダイヤモンドNV中心等)

参考

- 小型でロバストな超高感度の固体センサの実現により、脳磁計測(医療・ヘルスケア)や極限環境、生命分野等での利用が期待
- 5年後に 10^{-12} T(テスラ)、10年後に 10^{-14} Tの室温下の微弱磁場の観測を達成。さらに温度や電流の同時計測技術等を確立
- センサの高感度化のため、高度な量子状態の制御技術の開発やセンサ材料の高品質化を進める

経済・社会
インパクト

省エネ、安心安全等への貢献

- ・ パワエレ・バッテリーの高精度制御による省エネ、温度モニタによる安全性向上
- ・ 食品・薬品・電池材料中などの微量異物検知

小型・ウェアラブル脳磁・神経計測によるヘルスケア・医療・BMIへ貢献

- ・ 脳の構造・機能、神経系の免疫メカニズム、認知症・うつ病等が解明
- ・ 脳磁計測システム普及による心療内科、健康用途、創薬への利用
- ・ 電極フリーのブレインマシンインターフェースが実現

インフラ、宇宙、資源探査、ロバストな超高感度センサによる極限環境での探索

- ・ 電力等インフラのモニタリングによる故障予測
- ・ 石油等の資源探査、宇宙状況監視・探査への利用

量子暗号通信・量子計算・量子ネットワークへの展開:量子もつれ接続した分散及び秘匿量子計算機の実現

量子生命科学分野への展開:生体ナノ量子センサを用いた細胞のスクリーニングや超偏極MRI等への展開による医療への貢献

固体量子 センサ (磁気)

- ・ 温度/電流同時計測技術を確立
- ・ 耐環境(高温下・放射線下)センサ
- ・ 生体親和型(非冷却・非毒性)センサ
- ・ 細胞計測用センサの実現

- ・ 単一分子レベル生体動的計測
- ・ 室温・高空間分解NMRの実現
- ・ 量子メモリの実現

- ・ 小型・ウェアラブル生体磁気計測システムを実現
- ・ 室温・高空間分解・小型MRIを実現
- ・ 極限環境下 ロバスト超高感度磁気センサを実現
- ・ 生体ナノ量子センサ、ナノ量子プローブによる標準計測
- ・ 細胞・生体計測による細胞の効率的スクリーニング等への貢献

磁場感度サブpTを達成

10fTを達成

aT領域の超高感度化を実現

量子計測

環境スピンノイズデカップリングの実現

広視野高精度同期量子位相検出、アンサンブル核スピン転写の実現

ショットノイズ限界を超える量子光学計測との融合・深化

デバイス

電氣的検出技術の開発

電流/スピン注入技術の開発

スピン波などによる量子操作の実現

材料

高配向・高密度・高コヒーレンス時間化技術の開発

大面積化、高速成長化の実現

高効率・高制御電子/イオンビーム照射技術の開発

単一光子源、量子もつれ光源への展開

量子中継・量子ネットワーク・量子計算へ展開

高機能・高速成長化の実現、NV中心以外の発光中心の研究

量子ハイブリッド系による量子計測の学理と技術の深化

量子物理・理論

量子もつれ等の高度な量子状態制御、核スピン超偏極技術、フォノン操作等の実現

量子メモリによる高感度化技術の開発

量子メモリを用いた量子中継・量子ネットワーク・量子計算との融合

雑音の機構解明、低雑音化信号検出方式、高効率スピン制御方式の実証

システム

3次元計測逆問題解析技術の開発(細胞-神経組織-脳機能など)

AI・深層学習等の適用(低雑音化処理、画像認識、異常予兆検出、内部推測等)

実装・集積化

マイクロ波アンテナ技術・集積回路技術の開発

アクティブシールド技術の開発

シールドレス技術の開発

オンチップ化の実現

チップアレイ化の実現

ナノフォトニクス集積化技術の開発

光学技術の高度化(緑色VCSEL、高機能・高感度イメージセンサ高感度化等)

現在
(2019年度)

5年後
(2024年度)

10年後
(2029年度)

20年後
(2039年度)

本技術を支える周辺技術の進展

技術の進展

技術ロードマップ例 ③量子通信・暗号リンク技術

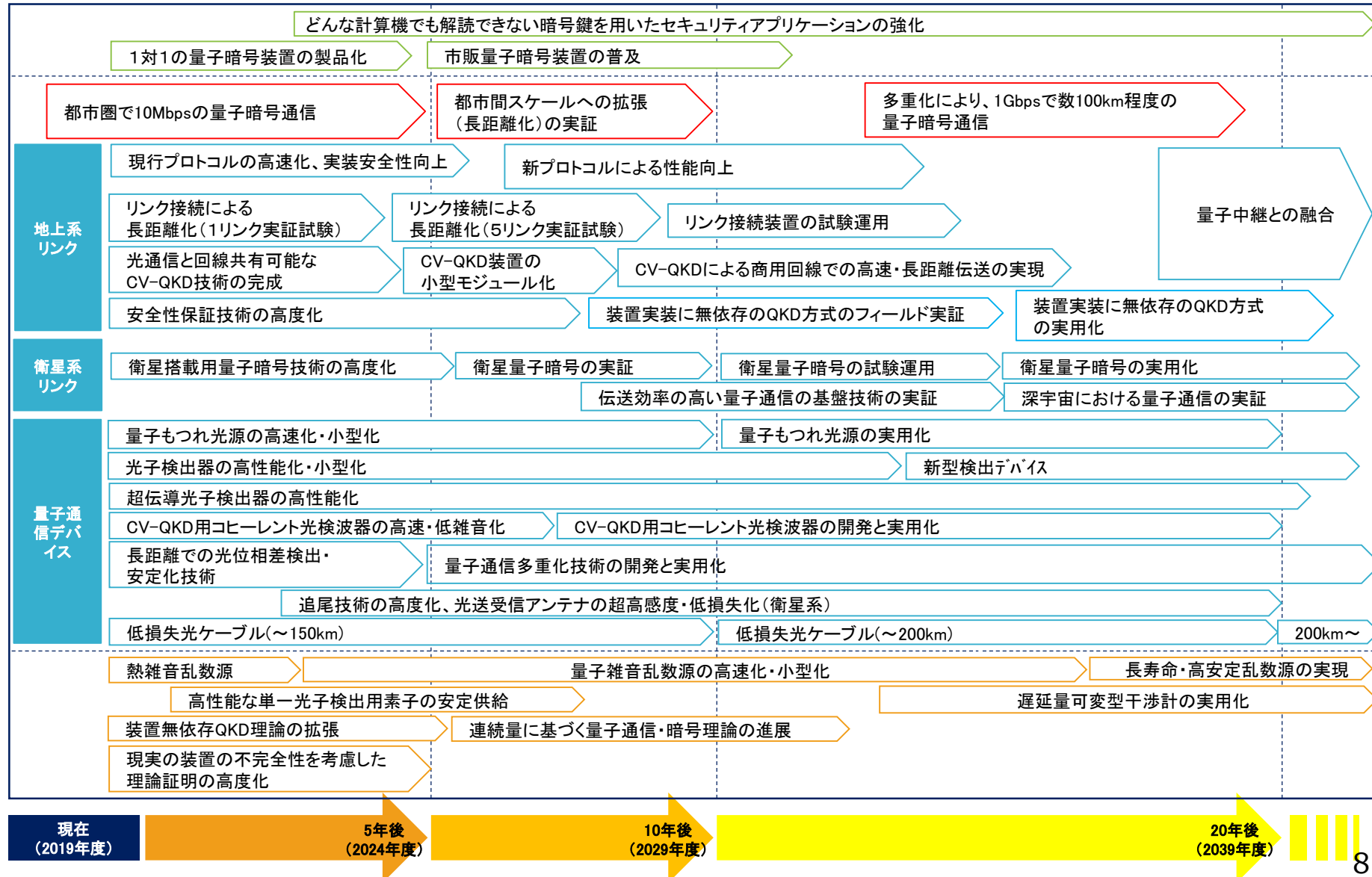
参考

- 量子暗号装置の製品化によって、様々なセキュリティアプリケーションの安全性を強化
- 5年後までに都市圏で10Mbpsの量子暗号通信、10年後までに都市間スケールへの拡張（長距離化）の実証
- 高性能な単一光子検出器や量子もつれ光源、乱数源等の研究開発。加えて、QKDの新方式の研究開発

経済・社会
インパクト

技術の進展

本技術を支
える周辺技
術の進展



融合領域ロードマップ例 量子AI技術

参考

- 将来的なニューラルネットや人類の学習メカニズムにおける量子力学的要素の解明、実証など、AIの可能性を最大化
- 量子インフラ(量子通信・インターネット、量子センサ、量子コンピュータ)を組み合わせた量子AIシステムの創出
- 機械学習(AI)と量子情報処理の融合による、量子機械学習の基礎学理の構築やマテリアルズ・インフォマティクスなど化学・材料・物性計算、量子シミュレーション、量子系の制御に量子AIの方法論を応用

経済・社会
インパクト

領域の進展

本領域を支える技術の
進展

