

# 令和4年度事前事業評価書

政策所管部局課室名：国際戦略局 技術政策課 研究推進室

評価年月：令和4年8月

## 1 政策（研究開発名称）

量子インターネット実現に向けた要素技術の研究開発

## 2 達成目標等

### （1）達成目標

量子コンピュータや量子センシング等の量子技術は、従来型（古典）技術と比較して性能の飛躍的な向上が見込まれており、産業の成長機会の創出や社会課題の解決への貢献が期待されている。量子状態を維持した通信を可能とする量子ネットワークの究極の形である量子インターネットは、複数の量子コンピュータ<sup>1</sup>の接続による量子ビット<sup>2</sup>数の大規模化・分散コンピューティング、量子センサ<sup>3</sup>のネットワーク接続など様々な量子技術の利活用の基盤をなす通信技術として実現が求められているものの、従来の光通信とは異なり、長距離の量子通信には損失耐性・誤り耐性等、量子状態ならではの特殊な中継技術が必要であることから、技術的な課題となっている。

そこで、本研究開発では、量子状態を維持して長距離の通信を可能とするための量子中継技術、量子中継に必要な複数拠点間での高精度の時刻同期を実現する高精度時空間同期技術、量子通信プロトコルの基本方式の検討等を含めた量子ネットワーク構築技術を確立することにより、量子情報（量子ビット）の流通及び量子通信でしか実現できない機能を可能とする量子インターネットの実現を目指す。

### （2）事後評価の予定時期

令和10年度に事後事業評価を行う予定。

## 3 研究開発の概要等

### （1）研究開発の概要

#### ・実施期間

令和5年度～令和9年度（5か年）

#### ・想定している実施主体

民間企業、大学、国立研究開発法人等

#### ・概要

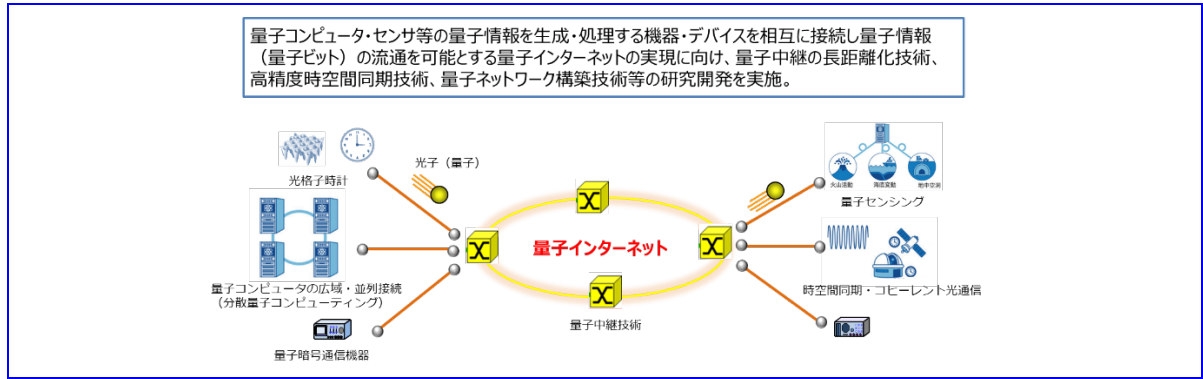
量子情報（量子ビット）の流通を可能とする量子インターネットの実現に寄与するため、以下の量子中継長距離化技術、高精度時空間同期技術及び量子ネットワーク構築技術の確立に向けた研究開発を実施する。

1 量子コンピュータ：量子力学の原理を用いた超並列処理によって、従来型（古典）技術のコンピュータと比較して、桁違いの計算速度を実現するコンピュータ。

2 量子ビット：量子情報の基本単位。従来のコンピュータで扱う古典ビットは情報を0と1のどちらか一方の値で表現するのに対し、量子コンピュータで扱う量子ビットは0と1の両方の値を同時にとることができ、量子コンピュータが超並列処理を可能とするための重要な性質となる。

3 量子センサ：量子力学の様々な現象を活用することにより超高感度の測定・計測を実現するセンサ。

・研究開発概要図

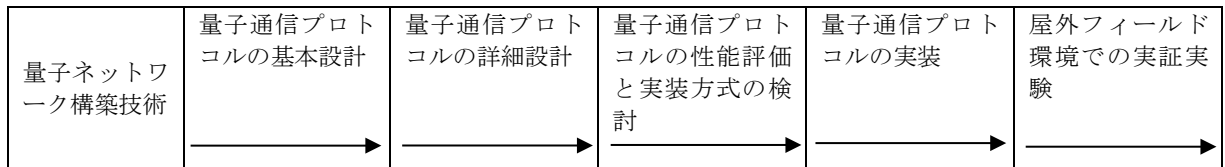


| 技術の種類        | 技術の概要   |
|--------------|---|
| 量子中継長距離化技術   | <p>10km で 1 ホップ以上の多ホップ量子中継ネットワークの実現に必要な、1 ミリ秒以上の量子状態の保存を可能とする量子メモリ、量子波長変換、量子もつれ光源等の基本技術を確認する。</p> <p>図：量子中継技術（概略）</p>         |
| 高精度時空間同期技術   | <p>光周波数標準を量子通信路上の複数拠点へ配信することにより各光源や量子デバイス等の高精度な時刻同期・周波数安定化を可能とする高精度時空間同期技術、コヒーレント光通信統合技術の基本技術を確認する。</p>                       |
| 量子ネットワーク構築技術 | <p>量子情報（量子ビット）の流通を可能とする量子インターネットの実現に向け、量子インターネットにおける通信プロトコルの基本方式、量子インターネットの特性を活用した認証技術や分散処理技術等、量子インターネットの構築に必要な基本技術を確認する。</p> |

・スケジュール

| 技術の種類      | 令和 5 年度                     | 令和 6 年度                     | 令和 7 年度  | 令和 8 年度                                    | 令和 9 年度           |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|-------------------|
| 量子中継長距離化技術 | 量子メモリ、量子波長変換、量子もつれ光源の基本設計   | 量子メモリ、量子波長変換、量子もつれ光源の詳細設計   | 量子メモリ、量子波長変換、量子もつれ光源の 1 次試作と基本特性評価                     | 量子メモリ、量子波長変換、量子もつれ光源の 2 次試作と詳細特性評価         | 各量子デバイスの統合検証、実証実験 |
| 高精度時空間同期技術 | 光周波数標準を用いたコヒーレント量子通信技術の基本設計 | 光周波数標準を用いたコヒーレント量子通信技術の詳細設計 | 光周波数標準ファイバーリンクを用いた長距離量子鍵配送 <sup>4</sup> システムの 1 次試作、検証 | 光周波数標準ファイバーリンクを用いた長距離量子鍵配送システムの 2 次試作、性能評価 | 屋外フィールド環境での実証実験   |

<sup>4</sup> 量子鍵配送：暗号鍵を 1 ビットずつ量子の一種である光子のせて伝送し、2 地点間で同一の鍵を共有する技術。



・ 総事業費(予定)

50.0 億円以上 (うち、令和 5 年度概算要求額は事項要求のため金額未定)

(2) 研究開発の必要性及び背景

量子コンピュータや量子センシング等の量子技術は、従来型(古典)技術と比較して性能の飛躍的な向上が見込まれており、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への貢献が期待されており、近年、世界各国で開発競争が激化している。こうした中、量子状態を維持した通信を可能とする量子ネットワークの究極の形である量子インターネットは、セキュアな通信や複数の量子コンピュータの接続による量子ビット数の大規模化・分散コンピューティング、量子センサのネットワーク接続など様々な量子技術の利活用の基盤をなす通信技術として実現が期待されている。

他方、量子インターネットは従来の光通信によるインターネットと異なり、きわめて微弱な単一光子レベルで通信を行うため、量子力学の法則(量子複製不可能定理<sup>5)</sup>)により光子の増幅が不可能<sup>6)</sup>であることから、長距離の量子通信を行うためには量子力学の法則に対応した特殊な原理の中継方式を検討する必要がある、技術的な課題となっている。現在、量子インターネットを実現するための量子中継技術については様々な手法・方式が検討されており、欧米等の諸外国では短距離ながらも拠点間のフィールド実証成功の報告がなされるなど、世界的にも量子中継技術の開発が加速している状況である。こうした中、量子通信の分野では 10km で 1 ホップ以上の中継を実フィールドにおいて実現することが非常に重要なマイルストーンとなっており、これを達成することにより世界的にも大きな技術的優位性を獲得でき、将来の量子インターネットの実現・実用化に向けた道筋を開くことができる。こうした状況を踏まえ、本研究開発は、量子状態を維持して長距離の通信を可能とするための量子中継技術や、量子中継に必要な複数拠点間での高精度の時刻同期を実現する高精度時空間同期技術、量子通信プロトコルの基本方式の検討等を含めた量子ネットワーク構築技術の確立を目的としたものであり、量子情報のやりとりを可能とする量子インターネットの実現に寄与する。本研究開発によって確立される技術は、幅広い分野での量子情報の流通を可能とし、最先端の量子技術を社会経済システム全体に取り込むための基盤として我が国の産業の成長機会の創出・発展に貢献するものであることから、本研究開発による利益は広く国民に享受されるものである。

また、最近では、社会インフラの基盤を構築する技術を他国に依存することのリスクが顕在化し、経済安全保障の重要性が改めて強く認識されており、各国間の技術覇権争いも激しさを増している。量子技術は、米国・欧州・中国等の諸外国においても国家戦略上の重要技術と位置付けられており、戦略策定、研究開発投資の拡充、テストベッドの整備等が急速に展開されているところである。さらに、高度な情報通信システムの研究開発には先進的な技術や大きな投資が必要であり、リスクが高く民間企業単独では取り組むことが困難である。また、量子通信技術については、現在実用化段階に入りつつある量子鍵配送用途のみならず、量子技術でしか実現できない精度や機能を通信インフラへの導入を加速するため、量子インターネットの実現に向けた研究開発に取り組むことが重要である。これは、基盤技術に優れた日本がアプリケーション技術で遅れを取る現状のデジタル通信インターネットの状況を繰り返さないためにも、アプリケーション展開も含めた量子インターネットの確立が必要とされる。このため、我が国でも国費を投じて官民一体となった研究開発を実施しなければ、技術開発力は大きく遅れを取ることとなり、技術開発競争の主導権を失うことで市場獲

5 量子複製不可能定理：未知の量子状態と同じ状態を複製することはできないという量子力学の定理。  
 6 従来の光通信では光ファイバ中で減衰した光信号を中継器(光増幅器)によって光子数を増やすことで一定の信号強度を維持している。量子通信では信号と同じ光子を複製(増幅)することが不可能であるため、従来の通信方式を適用することができない。

得が困難になる。よって、国が戦略的に研究開発を実施し、国内民間企業・大学・研究機関等がそれぞれ有する得意分野の技術を結集させて技術的課題を解決し、我が国の国際競争力を強化する必要がある。

なお、本研究開発が対象とする量子技術は、以下に示す上位計画・全体計画等の政府方針において、国が主導して戦略的に開発すべき基盤技術として扱われており、本研究開発はこれらの方針に従い実施するものである。

### (3) 政策的位置付け

○関連する主要な政策

V. 情報通信 (ICT 政策) 政策 9 「情報通信技術の研究開発・標準化の推進」

○政府の基本方針 (閣議決定等)、上位計画・全体計画等

| 名称 (年月日)                                       | 記載内容 (抜粋)  |
|--|--|
| <p>経済財政運営と改革の基本方針 2022 (令和 4 年 6 月 7 日)</p>    | <p>第 2 章 新しい資本主義に向けた改革<br/>1. 新しい資本主義に向けた重点投資分野<br/>(2) 科学技術・イノベーションへの投資<br/>社会課題を経済成長のエンジンへと押し上げていくためには、科学技術・イノベーションの力が不可欠である。特に、量子、AI、バイオものづくり、再生・細胞医療・遺伝子治療等のバイオテクノロジー・医療分野は我が国の国益に直結する科学技術分野である。このため、国が国家戦略を明示し、官民が連携して科学技術投資の抜本拡充を図り、科学技術立国を再興する。</p>   |
| <p>新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画 (令和 4 年 6 月 7 日)</p> | <p>III. 新しい資本主義に向けた計画的な重点投資<br/>2. 科学技術・イノベーションへの重点的投資<br/>(1) 量子技術<br/>「新たな量子技術に関する戦略」に基づいて、計画的に取組を進める。<br/>量子技術は、演算分野 (コンピュータ・シミュレーション) や通信・暗号分野に強みがある。量子コンピュータを活用することで、医薬品候補探索の高速化や、化学材料の改良、渋滞解消等、様々な分野への応用が期待されている。<br/>量子コンピュータの大規模化・高機能化の研究開発については、半導体や Beyond 5 G などの他の技術分野との融合やこれを応用する分野の研究も視野に入れた上で、日本単独で考えるのではなく、先行する有志国の企業との連携を実施するなどグローバルな対応を進める。このため、量子コンピュータ等の次世代計算基盤に不可欠な次世代半導体の設計・製造能力の確保に向けて、日米の官民が連携し、2020 年代に設計・製造基盤を構築するためのプロジェクトを進める。<br/>また、量子技術の実証環境を整備し、量子コンピュータや量子暗号通信について、エネルギー、金融、創薬・医療、材料化学、航空、モビリティ等、幅広い分野で、実証を進める。加えて、産業化に向けた拠点整備を進める。<br/>さらに、現状の量子暗号通信は、遠距離 (数十 km 以上) では中継器が必要であり、セキュリティの低下が懸念される。量子状態を保ったまま通信できる量子ネットワーク技術の開発を進める。</p> |
| <p>新しい資本主義実行計画フォローアップ (令和 4 年 6 月 7 日)</p>     | <p>・研究開発法人における拠点形成も含め、量子技術の実証環境を整備し、量子コンピュータや量子暗号通信について、エネルギー、金融、創薬・医療、生活サービス、交通、物流、工場、安全・安心等、幅広い分野で、実証を進めるとともに、量子技術を活用した新産業や</p>  |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>スタートアップ企業の創出・活性化を図る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>量子暗号通信網の構築や量子インターネット実現に向けた要素技術の研究開発とともに、早期の社会実装に向けたテストベッドの整備等に取り組む。</li> </ul>  |
| <p>第6期科学技術・イノベーション基本計画<br/>(令和3年3月26日)</p> | <p>第2章 Society 5.0 の実現に向けた科学技術・イノベーション政策</p> <p>1. 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革</p> <p>(1) サイバー空間とフィジカル空間の融合による新たな価値の創出</p> <p>(c) 具体的な取組</p> <p>④ デジタル社会に対応した次世代インフラやデータ・AI 利活用技術の整備・研究開発</p> <p>国土全体に網の目のように張り巡らされた、省電力、高信頼、低遅延などの面でデータやAI の活用に適した次世代社会インフラを実現する。このため、5G/光ファイバの整備を進め、5Gについては、2023年度末には98%の地域をカバーし、光ファイバについては、2021年度末には未整備世帯数が約17万世帯に減少すると見込まれる。さらに、宇宙システム(測位・通信・観測等)、地理空間(G空間)情報、SINET、HPC(High-Performance Computing)を含む次世代コンピューティング技術のソフト・ハード面での開発・整備、量子技術、半導体、ポスト5GやBeyond 5Gの研究開発に取り組む。</p> <p>2. 官民連携による分野別戦略の推進</p> <p>③ 量子技術</p> <p>量子技術は、我が国及び世界の社会、経済、産業、安全保障に大きな変革をもたらす可能性を秘めた革新的な技術である。近年、欧米や中国をはじめとする諸外国では、各国が巨額の投資と大型の研究開発に取り組むなど、将来の覇権をかけた国家間・企業間競争が激化しており、我が国においても量子技術の研究開発や社会実装に向けた戦略的な取組が求められている。</p> <p>このため、第6期基本計画期間中は、「量子技術イノベーション戦略」に基づき、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。</p> |
| <p>統合イノベーション戦略 2022 (令和4年6月3日)</p>         | <p>第1章 総論(新しい資本主義における「成長」と「分配」の好循環を支える科学技術・イノベーション)</p> <p>2. 科学技術・イノベーション政策の3本の柱</p> <p>もう一つの基礎となる柱は、分野別戦略やシンクタンク機能の強化を通じ、我が国の経済構造の自律性の向上、技術の優位性ひいては不可欠性の確保も念頭に、研究開発を戦略的に推進し、我が国の勝ち筋となる技術を育てることである。技術で勝って実装で負けるという状況から抜け出せていないことを踏まえ、AI・量子における新戦略の策定や、先端的な重要技術に関する調査分析を行うシンクタンクの進化により、社会ニーズに沿った勝ち筋を見定めた上で、経済安全保障重要技術育成プログラムや次期戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)等の着実な実施等により、社会実装につながる取組を加速させる。</p> <p>(3) 先端科学技術の戦略的な推進 ①重要技術の国家戦略の推進と国家的重要課題への対応</p>   |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
|                             | <p>(戦略的に取り組むべき基盤技術) 量子技術</p> <p>量子技術と従来型(古典)技術システムの融合・一体化によるサービス提供までを見据えた各技術領域(量子コンピュータ、量子ソフトウェア、量子セキュリティ・ネットワーク、量子計測・センシング/量子マテリアル等)の研究開発の抜本的な強化及び利用環境の整備等を推進するとともに、スタートアップ創出・活性化、量子技術イノベーション拠点の体制強化、人材の育成・確保、量子技術の知財・標準化、国際連携/産学官連携、アウトリーチ活動の推進、経済安全保障やビジネス環境整備等のイノベーション創出に向けた基盤的取組を強化する。</p>  |
| 量子未来社会ビジョン(令和4年4月22日)       | <p>5.今後の取組 I.各技術領域の取組</p> <p>(3)量子セキュリティ・量子ネットワークに関する取組</p> <p>(iii)量子状態を維持した通信を可能とする量子インターネット研究開発の国家プロジェクトの立ち上げ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・将来、量子状態を維持した通信を可能とする量子ネットワークの究極の形である量子インターネットは、セキュアな通信や複数の量子コンピュータの接続による量子ビット数の大規模化・分散コンピューティング、量子センサのネットワーク接続など様々な量子技術の利活用の基盤をなす通信技術として期待されている。</li> <li>・近年、海外において、量子状態の中継を可能とする量子中継器(量子リピータ)や、量子状態の保存が可能な量子メモリ、それらの実証を行うためのテストベッドの整備をはじめとして、量子インターネットの実現に向けた要素技術の研究開発が活発化している。</li> <li>・我が国においても、Beyond 5G等の次世代通信システムの実現に向けた取組とも連携して、量子インターネットの開発に向けたロードマップに基づき、将来の量子コンピュータの大規模化を実現する技術基盤や量子暗号通信の高度化等を実現する量子通信基盤として量子インターネットの要素技術の研究開発に着手する。</li> </ul> |
| デジタル社会の実現に向けた重点計画(令和4年6月7日) | <p>第6 デジタル社会の実現に向けた施策</p> <p>5. デジタル社会を支えるシステム・技術</p> <p>(4) デジタル社会に必要な技術の研究開発・実証の推進</p> <p>③ 安全・安心なデジタル社会を支える高度セキュリティ技術等</p> <p>ア サイバーセキュリティの研究開発等の推進</p> <p>データの自由かつ安全・安心な流通を両立するデータ収集・解析や連携基盤の構築にかかる技術に加え、実用的で大規模な量子コンピュータが実現することによる既存の暗号技術の危殆化を想定しつつ、耐量子計算機暗号や量子暗号通信、量子インターネット等に関する先進的な研究を推進する。さらに、量子コンピュータ時代に向けて、これらの研究開発成果を踏まえ、社会実装に向けた検討を進める。</p>   |

## 4 政策効果の把握の手法

### (1) 事前事業評価時における把握手法

本政策の企画・立案に当たっては、「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」(令和4年7月)において、本政策の必要性、有効性及び技術の妥当性等について外部評価を行い、政策効果の把握を実施した。

### (2) 事後事業評価時における把握手法

本研究開発終了後には、目標の達成状況や得られた成果等について、研究開発の目的・政策的位置付け及び目標、研究開発マネジメント、研究開発目標の達成状況、研究開発成果の社会展開のための活動実績及び研究開発成果の社会展開のための計画等の観点から、外部評価を実施し、政策効

果の把握を行う。

## 5 政策評価の観点及び分析

○各観点からの分析

| 観点  | 分析  |
|-----|---|
| 必要性 | <p>上記、3（2）研究開発の必要性及び背景に記載のとおり。</p> <p>また、本研究開発は、「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画」、「統合イノベーション戦略 2022」及び「量子未来社会ビジョン」等の各政府戦略において重点的に取り組むべき技術課題として位置付けられている。</p>   |
| 効率性 | <p>量子通信技術に関する専門的知識や研究開発遂行能力を有する企業、研究者等のノウハウを積極的に活用することにより、効率的に研究開発を推進することができるため、投資に対して最大の効果が見込める。量子通信技術等に関するこれまでの要素技術研究の成果と既存の評価環境を最大限に活用して効果的に研究開発・実証等を行う予定であり、また、「量子技術による新産業創出協議会<sup>7</sup>」等を通じて、基礎・応用・実用化研究、事業展開に資する活動を産学官連携で包括的に推進することとしており、投資に対して最大の効果が見込める。また、実施内容、実施体制及び予算額等については外部評価を行い、効率的に実施することとしている。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があると認められる。</p> |
| 有効性 | <p>量子中継長距離化技術、高精度時空間同期技術及び量子ネットワーク構築技術を確立することによって、複数の量子コンピュータの接続による量子ビット数の大規模化・分散コンピューティング、量子センサのネットワーク接続など様々な量子技術の利活用を可能とする量子通信基盤構築に目処が立ち、量子情報の流通を可能とする量子インターネットの実現に寄与することができる。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があると認められる。</p>  |
| 公平性 | <p>本研究開発の成果により、幅広い分野での量子情報のやりとりが可能となり、量子技術の利活用の基盤をなす通信技術として広く活用されることが期待されることから、利便性の向上や我が国の産業の成長機会の創出に繋がるなど、広く国民の利益になることが見込まれる。</p> <p>また、支出先の選定に当たっては、実施希望者の公募を広く行い、研究提案について外部専門家から構成される評価会において最も優れた提案を採択する方式により、競争性を担保する。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があると認められる。</p>  |
| 優先性 | <p>本研究開発分野では、主要各国が量子インターネットに関する量子技術を国家戦略上の重要技術と位置付け、戦略策定、研究開発投資の拡充、テストベッドの整備等を急速に展開している状況である。量子技術は経済安全保障上でも極めて重要な技術であり、技術的優位性を確保するための先端技術の獲得及び高度な量子技術の自国保有という観点から、国が主導し優先的に実施する必要がある。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があると認められる。</p>   |

## 6 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発によって確立される技術は、幅広い分野での量子情報の流通を可能とし、最先端の量子技術を社会経済システム全体に取り込むための基盤として我が国の産業の成長機会の創出・発展に貢献するものである。

量子中継長距離化技術、高精度時空間同期技術及び量子ネットワーク構築技術を確立することによって、複数の量子コンピュータの接続による量子ビット数の大規模化・分散コンピューティング、量子センサのネットワーク接続など様々な量子技術の利活用を可能とする量子通信基盤構築に目処が立ち、量子情報の流通を可能とする量子インターネットの実現に寄与することができる。

よって、本研究開発には必要性、有効性及び技術の妥当性等があると認められることから、本事業を実施することは妥当である。

<sup>7</sup> 量子技術による新産業創出協議会：量子技術の発展や将来の社会実装、産業の成長機会創出等に向けた取組を実施すべく設立された産業界主体の協議会。（2021年9月設立、2022年5月社団法人化）

## 7 政策評価の結果の政策への反映方針

評価結果を受けて、令和5年度予算において、「量子インターネット実現に向けた要素技術の研究開発」として所要の予算要求を検討する。

## 8 学識経験を有する者の知見の活用

「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」（令和4年7月）において、本政策の必要性、有効性及び技術の妥当性等について外部評価を実施し、外部有識者から「世界に先駆けて量子インターネットの実現に道筋をつけることは、量子技術の自国保有や経済安全保障の観点からも極めて重要であり、国が主導して戦略的に開発すべき最優先課題の一つであると考えます。本研究開発では、センシングからコンピューティングまでを一気通貫に量子インターネットとして実現することが目標であり、システム規模が飛躍的に拡大するため、新たな応用やサービスが期待できる。」等のご意見を頂いており、「量子中継技術に取り組める段階に到達した技術動向を受けて、量子インターネットを目標とする計画は妥当である。基本技術の研究開発には相応の時間を要することが予想され、5年の研究開発期間も妥当である。」との評価を得た。このような有識者からのご意見を本評価書の作成に当たって評価に活用した。

## 9 評価に使用した資料等

- 経済財政運営と改革の基本方針 2022（令和4年6月7日）  
<https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2022/decision0607.html>
- 新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画（令和4年6月7日）  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii\\_sihonsyugi/index.html](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii_sihonsyugi/index.html)
- 新しい資本主義実行計画フォローアップ（令和4年6月7日）  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii\\_sihonsyugi/index.html](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii_sihonsyugi/index.html)
- 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）  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html>
- 統合イノベーション戦略 2022（令和4年6月3日）  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/2022.html>
- 量子未来社会ビジョン（令和4年4月22日）  
[https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/ryoshimirai\\_220422.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/ryoshimirai_220422.pdf)
- デジタル社会の実現に向けた重点計画（令和4年6月7日）  
<https://www.digital.go.jp/policies/priority-policy-program/>



# 令和4年度事前事業評価書

政策所管部局課室名：国際戦略局 研究推進室

評価年月：令和4年8月

## 1 政策（研究開発名称）

安全なデータ連携による最適化AI技術の研究開発

## 2 達成目標等

### （1）達成目標

AIの社会実装をさらに推進する上で、AIの適用領域の拡大、我が国産業が有する分野ごとの高品位データの利活用・他分野との連携等、AIの利活用を支えるデータの充実に取り組むとともに日本が強みを有する分野とAIの融合が求められている。

本研究開発では、これらの課題の解決に向けて、従来のAI技術（学習用データをクラウド環境等に集約して行うAI学習）とは異なり、要素技術として、データを共有せずにAI学習に活用することを可能とする連合学習技術、様々な種類のデータを組み合わせて学習に活用するマルチモーダルAI技術、エッジ環境でAI学習を行うエッジAI技術を確立し、これらを組み合わせることで、実空間に存在するデータを安全に連携させ、分野横断的な課題解決を可能とする分散型機械学習技術の確立することを目標とする。

本技術の確立により、我が国が強みを有する業界独自のデータ等を業界横断で活用することが可能となり、AI技術そのものの競争力強化だけでなく、我が国産業の労働生産性の向上等による産業競争力の強化等にも資するものである。

### （2）事後評価の予定時期

令和8年度に事後事業評価を行う予定。

## 3 研究開発の概要等

### （1）研究開発の概要

#### ・実施期間

令和5年度～令和7年度（3か年）

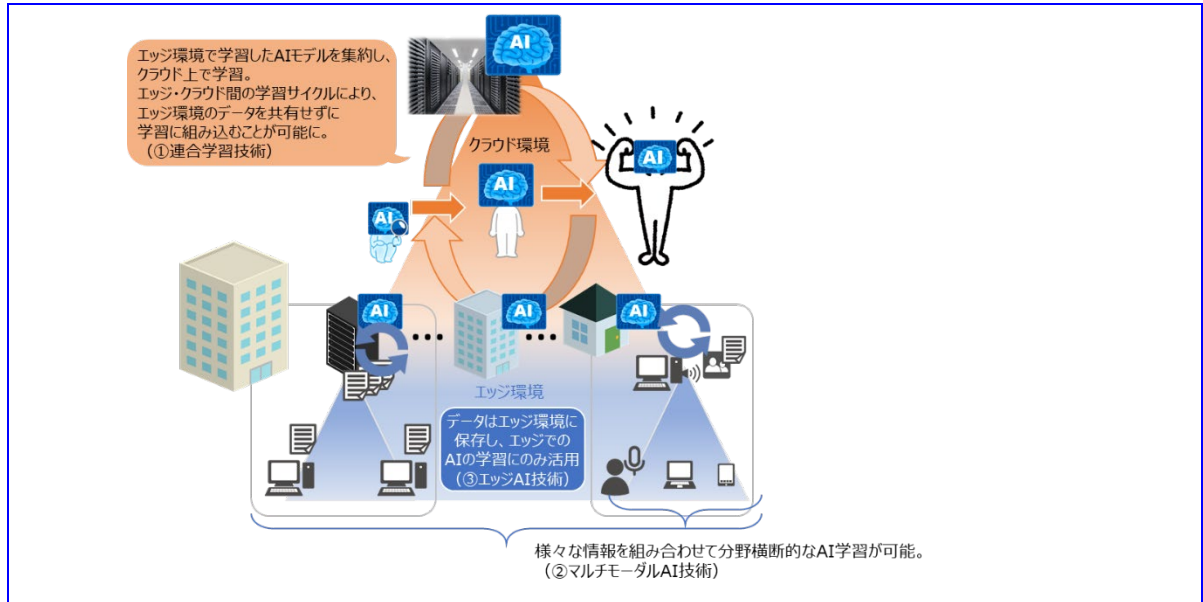
#### ・想定している実施主体

民間企業、大学、国立研究開発法人等

#### ・概要

実空間に存在するデータを安全に連携させ、分野横断的な課題解決を可能とするため、分散型機械学習技術の確立に向けて、以下の技術の研究開発を実施する。

・研究開発概要図



| 技術の種類        | 技術の概要  |
|--------------|--|
| ①連合学習技術      | <p>従来のAI技術では、学習用データをクラウド環境等に集約してAI学習に活用している。この場合、個人情報や機密情報等の扱いに対し注意を要するデータについて、そのままではAI学習に活用することが困難であるという課題があり、この課題解決のための技術的アプローチが模索されている。</p> <p>連合学習技術は、そのアプローチの1つであり、データそのものを集約するのではなく、データはエッジ環境でのAI学習にのみ用いられ、クラウド環境でのAI学習には、エッジ環境で学習を行ったAIモデルを活用する技術である。(AIモデルを集約して、AIモデルからAIモデルを作り出す技術)</p> <p>本研究開発では、本技術を研究開発のコアの技術として、②マルチモーダルAI技術、③エッジAI技術と組み合わせることで、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・個人情報や機密情報等のデータを、保存されているエッジ環境の外に出さないまま、</li> <li>・様々な種類、広範なデータを活用して、個々のデータの欠損等の信頼性低下要因を補完しつつ</li> </ul> <p>AI学習に活用可能とする分散型機械学習技術の確立を目指す。</p> |
| ②マルチモーダルAI技術 | <p>従来のAI学習では、単一の種類のデータ(例えば画像データやテキストデータ等)が学習に用いられる(シングルモーダルAIと呼ばれる)。これに対し、複数種類のデータを組み合わせて学習に用いる(例えば、画像データとテキストデータを組み合わせて学習)ことで、より複雑な問題にAIを適用可能とする「マルチモーダルAI技術」が近年登場している。</p> <p>本研究開発では、①の連合学習技術、③のエッジAI技術と組み合わせることで、社会実装を行う上で必要となる、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模マルチモーダルAIモデルの最適化技術(複数種類のデータを組み合わせてAI学習を効率良く行うための技術)</li> <li>・個別収集データの差異を吸収可能なマルチモーダルAI技術(実空間に存在する様々なデバイスから収集されるデータの粒度等の差異を吸収してAI学習を可能とするための技術)</li> </ul> <p>等の確立を目指す。</p>  |
| ③エッジAI技術     | <p>一般に、通常のAI学習においては、大量の学習用データをクラウド環境等に集約し、豊富な計算機資源を動員してAI学習を行う。これに対し、よりデータの発生源・保管場所に近いエッジ環境において、比較的少量のデータを、限定的な計算機資源環境を活用してAI学習を行う技術がエッジAI技術である。</p> <p>エッジ環境で学習を行うため、データを手元に保存したまま学習を行うことが可能であり、クラウド環境へデータを集約するための通信コストを抑えること等が可能となる一方で、学習に用いる計算機資源の確保の困難さや、データが限定的であることから学習結果が偏る可能性があること、エッジ環境ではデータクリーニング(データに含まれるノイズの除去や、信頼性の低いデータの削除等、データをAI学習に適したものにするための</p>   |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>事前処理) が困難等、学習結果の信頼性低下につながる課題も多い。<br/>         本研究開発では、これらの課題を解決するため、①連合学習技術、②マルチモーダルAI技術と組み合わせ、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・エッジAIによるマルチモーダルAI技術 (限定された計算資源環境下において、マルチモーダルAI学習を効率良く行うための技術)</li> <li>・クラウド・異種エッジ環境間でのマルチモーダル連携・連合学習技術 (各エッジ環境下での限定的な学習結果を相互に補完するため、連合学習により各エッジ環境下での学習結果を連携させるための技術)</li> </ul> <p>等の確立を目指す。</p> |
|--|---|

・スケジュール

| 技術の種類        | 令和5年度   | 令和6年度   | 令和7年度  |
|--------------|---|---|--|
| ①連合学習技術      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・要素技術の確立</li> <li>・②③と組み合わせでの分散型機械学習技術の確立</li> </ul>                           |   |  |
| ②マルチモーダルAI技術 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○個別収集データの差異を吸収可能なマルチモーダルAI技術の確立</li> <li>○大規模マルチモーダルAIモデルの最適化技術基本検討</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>組み合わせて実装</li> <li>モデルの最適化技術詳細設計・実装・評価</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>組み合わせて実装</li> <li>改修</li> </ul> |
| ③エッジAI技術     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○エッジAIによるマルチモーダルAI技術設計・実装</li> <li>○クラウド・異種エッジ環境間でのマルチモーダル連携・連合学習技術</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>組み合わせて実装</li> <li>評価・改修</li> <li>設計・実装・評価</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>改修</li> </ul>                   |

・総事業費(予定)

約30.0億円 (うち、令和4年度概算要求額 10.0億円)

(2) 研究開発の必要性及び背景

我が国では、統合イノベーション戦略推進会議が中心となって、Society 5.0の実現を通じて世界規模の課題の解決に貢献するとともに、我が国自身の社会課題の克服や産業競争力の向上に向けたAIに関する総合的な政策パッケージとして「AI戦略」が取りまとめられており、令和4年4月には、その最新版として「AI戦略2022」が策定されたところである。

AI戦略2022の中では、AIの社会実装をさらに推進するため、5つの戦略目標が掲げられており、そのうちの1つとして、「我が国が、実産業社会におけるAIの応用でトップランナーとなり、産業競争力の強化が実現されること」が挙げられ(戦略目標2)、「実世界産業」領域に含まれる系統的に取得されていない膨大な情報をAIにより活用することで、我が国産業の労働生産性の向上等による産業競争力の向上や、SDGs達成への貢献等を目指すこととしている。

この戦略目標を達成する上での具体的な取組としては、AIの適用領域の拡大や、我が国産業が有する分野ごとの高品位データの利活用や他分野との連携等の、AIの利活用を支えるデータの充実に取り組むとともに、日本が強みを有する分野とAIの融合が求められている。これにより、我が国が強みを有する産業の競争力を向上させるだけでなく、他分野と連携することで、我が国全体の競争力の向上を目指すものであるが、一般に、そのような産業界が有するデータ群は貴重なものであり、いわゆる社外秘として容易には外部に提供され得ないものであることが、これまで他分野での活用を阻害する要因の1つとなっていた。

このため、同戦略では、データ利活用のための必要な要素技術の1つとして「プライバシーや機

密情報を保護しながら学習可能な連合学習 (Federated Learning) 等一連の技術の一層の研究開発・社会実装の推進」を挙げており、本研究開発では、従来のA I 技術 (学習用データをクラウド環境等に集約して行うA I 学習) とは異なり、データを共有せずにA I 学習に活用する連合学習技術、様々な種類のデータを組み合わせて学習に活用するマルチモーダル技術、エッジ環境でA I 学習を行うエッジA I 技術とを合わせ、実空間に存在するデータを安全に連携させ、分野横断的な課題解決を可能とする分散型機械学習技術を確立することを目標とするものである。

### (3) 政策的位置付け

○関連する主要な政策

V. 情報通信 (ICT 政策) 政策9 「情報通信技術の研究開発・標準化の推進」

○政府の基本方針 (閣議決定等)、上位計画・全体計画等

| 名称 (年月日)  | 記載内容 (抜粋)   |
|---|---|
| 新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画～人・技術・スタートアップへの投資の実現～(令和4年6月7日閣議決定) | <p>III 新しい新本主義に向けた計画的な重点計画</p> <p>2. 科学技術・イノベーションへの重点投資</p> <p>(2) A I 実装</p> <p>A I 技術は、社会実装段階へ入り、産業化に向けた開発が活発化しているが、日本企業における導入割合は米国企業に比して低い。</p> <p>A I 技術を基にした実践・試行錯誤の蓄積が重要であり、ディープラーニングを重要分野として位置付け、企業による具体的ニーズを念頭に置き、その実装・開発を推進する。この際、気候変動や防災関連等に加えて、物理・化学や機械等、日本が強みを有する分野とA I の融合を図り、競争力の高い製品やサービスを生み出していく。</p> <p>また、大学等や国の機関が保有するデータは、それぞれの機関に分散し、データ形式もバラバラとなっているが、他のデータ基盤との接続を可能とし、民間企業等の利活用を進める。</p> <p>データをできるだけ多く利用できる環境を整えるべく、プライバシー等の理由により秘匿化された情報について、秘匿化したままで機械学習の処理を行うことができるよう、技術開発を推進する。</p>   |
| デジタル社会の実現に向けた重点計画 (令和4年6月7日閣議決定)                          | <p>第6 デジタル社会の実現に向けた施策</p> <p>5. デジタル社会を支えるシステム・技術</p> <p>(4) デジタル社会に必要な技術の研究開発・実証の推進</p> <p>② データ活用を支える高度コンピューティング技術の研究開発・実証</p> <p>ア A I の社会実装に向けた取組の加速</p> <p>今後の更なるA I の実用化に向けて、「A I 戦略2022」に基づき、ディープラーニングを重要分野として位置付け、企業による実装を念頭において取り組む。</p> <p>具体的には、「責任あるA I」(Responsible AI) の実現に向けて、「説明可能なA I」(Explainable AI) 等の技術開発その他の関連する取組を行う。また、A I 利活用を支えるデータの充実等に向けて、データの秘匿性を担保したままで機械学習の処理等を行うための研究開発、研究データ基盤の改善などのほか、データの取扱いルールについての再点検その他の環境整備に取り組む。さらに、人材確保等の環境整備に向け、企業内の実問題解決を通じ、次世代A I 技術の企業への橋渡しを担う高度A I 人材の育成に向けた取組を強化する。医療、創薬、バイオ、材料科学、文化産業など我が国が強みを有する分野におけるA I の利活用を更に推進する。</p> |

|  |  |
|--|--|
| <p>統合イノベーション戦略 2022（令和4年6月3日閣議決定）</p>        | <p>第2章 Society 5.0の実現に向けた科学技術・イノベーション政策<br/>4. 官民連携による分野別戦略の推進<br/>(1) AI技術<br/>今後の取組方針<br/>(社会実装の推進)<br/>- エッジ環境のIoTデータを共有せず実空間の分野横断的な行動リスク予測を可能にする分散連合型のマルチモーダル・クロスモーダルAI技術の研究開発。【総】</p>   |
| <p>AI戦略 2022（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）</p> | <p>第二部 差し迫った危機への対処<br/>2. 戦略目標0を軸としたアクションプラン<br/>(3) Resilient and Responsible AIでのリーダーシップの確立<br/>徹底的なデジタル化とAIによる高機能化と同時に進めるべきなのは、Resilientであり、高品位かつ安心・安全なAIを開発し展開する基盤である。最重要課題はResponsible AIとサイバーセキュリティの強化に立脚したResilient AIである。<br/>Responsible AIを実現することは、デジタル化を進める上で必ず担保していくべき要件である。そのためには、説明可能なAI(Explainable AI, XAI)やプライバシーや機密情報を保護しながら学習可能な連合学習(Federated Learning)など一連の技術の一層の研究開発・社会実装の推進とプラットフォーム化、およびその運用におけるリーダーシップが重要となる。さらに、安全保障上の要件からこれらのプラットフォームが、高度なサイバーセキュリティ技術で堅牢化されていることが前提となる。日本のAI関連サービスが、高品質であり、信頼性が高く、安心・安全であるということは、国内における普及のみならず、広く世界中での展開においても有利である。この分野でのリーダーシップの確立が重要となる。</p> |

#### 4 政策効果の把握の手法

##### (1) 事前事業評価時における把握手法

本政策の企画・立案に当たっては、「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」（令和4年7月～8月）において、本政策の必要性、有効性及び技術の妥当性等について外部評価を行い、政策効果の把握を実施した。

##### (2) 事後事業評価時における把握手法

本研究開発終了後には、目標の達成状況や得られた成果等について、研究開発の目的・政策的位置付け及び目標、研究開発マネジメント、研究開発目標の達成状況、研究開発成果の社会展開のための活動実績及び研究開発成果の社会展開のための計画等の観点から、外部評価を実施し、政策効果の把握を行う。

#### 5 政策評価の観点及び分析

○各観点からの分析

| 観点  | 分析  |
|-----|---|
| 必要性 | 上記、3(2)研究開発の必要性及び背景に記載のとおり。   |
| 効率性 | <p>本研究開発では、AI学習に関する専門的知識や研究開発遂行能力を有する企業、研究者等のノウハウを積極的に活用することにより、効率的に研究開発を推進することができるため、投資に対して最大の効果が見込まれる。</p> <p>また、実施内容、実施体制及び予算額等については外部評価を行い、効率的に実施することとしている。</p> |

|     |  |
|-----|--|
|     | <p>よって、本研究開発には効率性があると認められる。</p>  |
| 有効性 | <p>本研究開発のアウトプットである、連合学習技術、マルチモーダルAI技術、エッジAI技術と、それらを組み合わせた分散型機械学習技術の確立により、これまでAI学習において利用されてこなかった個人情報や機密情報等の機微な扱いを必要とするデータや、我が国が強みを有する業界独自のデータ等を、業界横断で活用することが可能となる。これは、我が国のAI技術の競争力強化だけでなく、今後、社会全体のデジタル化が進展していく中で、我が国産業の競争力強化にも資するものである。</p> <p>また、本研究開発では、外部有識者や専門家を含む研究開発運営委員会等において、研究開発成果の利用者や情報通信業界に限らない多様な専門家や利用者との連携・協力を得つつ、研究開発と実証実験を一体的に推進することとしており、研究成果の実用化等へ向けた高い確実性が見込まれる。</p> <p>よって、本研究開発には有効性が認められる。</p> |
| 公平性 | <p>現在のAI技術の発展と社会全体のデジタル化の急速な進展に鑑みて、AIを経済社会に適用していく動きは今後も継続すると考えられることから、本研究開発の成果は、経済社会活動をより豊かにするものとして、広く国民の利益になることが見込まれる。</p> <p>また、支出先の選定に当たっては、実施希望者の公募を広く行い、研究提案について外部専門家から構成される評価会において最も優れた提案を採択する方式により、競争性を担保する。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があると認められる。</p>  |
| 優先性 | <p>AI分野における技術開発は、ICT分野における最重要技術の1つとして我が国の国家戦略上において、重要技術と位置付けられており、また、グローバルな技術開発競争が熾烈に行われているところである。本研究開発では、これまで国内で培われ技術的競争力を有する連合学習技術をコアの技術と位置付け、AI分野における技術開発に取り組むものである。その適用性の高さから、当該分野における競争力は、産業全体の競争力にも結び付くものであり、我が国全体の競争力確保の観点から、国が主導し優先的に実施する必要がある。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があると認められる。</p>  |

## 6 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発によって確立される技術により、これまでAI学習において利用されてこなかった個人情報や機密情報等の機微な扱いを必要とするデータや、我が国が強みを有する業界独自のデータ等を、業界横断で活用することが可能となる等、我が国産業の労働生産性の向上等による産業競争力の向上等に貢献するものである。

よって、本研究開発には必要性、有効性及び技術の妥当性等があると認められることから、本事業を実施することは妥当である。

## 7 政策評価の結果の政策への反映方針

評価結果を受けて、令和5年度予算において、「安全なデータ連携による最適化AI技術の研究開発」として所要の予算要求を検討する。

## 8 学識経験を有する者の知見の活用

「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」（令和4年7月～8月）において、本政策の必要性、有効性及び技術の妥当性等について外部評価を実施し、外部有識者から「検討対象とするAI技術の課題は世界の動向に沿ったものであるが、我が国の、グローバルな競争力のある業界各社が保有する独自データを業界横断で活用することを狙って取り組むところに、本研究開発の戦略性がある。狙いを先鋭化することによって、科学技術的、社会経済的に独自で強力な成果創出が期待される。国費を用いた研究開発により、データを保有する企業や組織と有力な研究者、技術者との協働を促し、技術成果と人材育成を狙うことが可能になる。」等のご意見を頂いており、「実空間データの安全な連携を保証しつつ、分野横断的な課題解決を可能とする分散型機械学習技術を早期に確立することは、AI技術の競争力強化のみならず、産業競争力の強化にも資するものであり、総務省が所掌すべき喫緊の重要課題である」と考える。」との評価を得た。このような有識者からのご意見を本評価書の作成に

当たって評価に活用した。

## 9 評価に使用した資料等

- 新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画（令和4年6月7日）  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii\\_sihonsyugi/index.html](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii_sihonsyugi/index.html)
- デジタル社会の実現に向けた重点計画（令和4年6月7日）  
<https://www.digital.go.jp/policies/priority-policy-program/>
- 統合イノベーション戦略 2022（令和4年6月3日）  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/2022.html>
- A I 戦略 2022（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）  
[https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/aistrategy2022\\_honbun.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/aistrategy2022_honbun.pdf)