P23003

「量子・古典ハイブリッド技術のサイバー・フィジカル開発事業」
基本計画

AI・ロボット部

１．研究開発の目的・目標・内容

（１）研究開発の目的

①政策的な重要性

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。この転換を適切に捉えることが我が国の国際競争力を握る鍵になっている。

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（以下「AI」という。）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な技術インフラとなっている。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である。DX の急速な進展、カーボンニュートラル社会の実現に向けた動きなど急激に変化する社会経済の環境に対する量子技術に期待される役割は増大している。

そこで、「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）においては、量子技術の研究開発・社会実装の取組を加速・強化し、我が国産業の成長機会の創出、社会課題解決等に対応することが喫緊の課題であり、また同時に、量子技術は AI や高度なシミュレーション等の計算機科学、情報通信技術、半導体、計測・センシング技術等において、従来型（古典）技術システムとも密接に関連し、これらと融合・一体化させながら取組を推進することが重要であると提言している。国として確固たる技術の基盤確立を目指すと共に、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は不可欠である。

②我が国の状況

統合イノベーション戦略推進会議で策定された「統合イノベーション戦略(2018 年 6 月閣議決定)」をうけ、2019 年 2 月から量子技術に関しての政府主体での議論が本格化し、第 6 回統合イノベーション戦略推進会議（2020 年 1 月）にて策定された「量子技術イノベーション戦略」の中でロードマップの作成が行われ、本ロードマップにもとづき量子技術の研究開発等の取組は着実に推進してきている。

また、2022 年 4 月には「量子未来社会ビジョン」、2023 年 4 月には「量子未来産業創出戦略」、2024 年 4 月には「量子産業の創出・発展に向けた推進方策」が策

定され、我が国の産業の成長機会の創出やカーボンニュートラル等の社会課題の解決のために量子技術を活用し、未来社会を見据えて社会全体のトランスフォーションを実現していくための取組の推進が期待される。

一方で、これらの策定の背景には、我が国では量子技術における長年の基礎研究の蓄積により、基礎理論や知識・基盤技術等での強みや優位性、競争力を有しているものの、技術の実用化や産業化（システム化）等に向けた取組では諸外国の後塵を拝する分野・領域があるなど極めて深刻な状況であることが挙げられる。

③世界の取組状況

量子技術に対する国際的な注目は高まっており、米国、欧州、中国等を中心に、諸外国においては、量子技術を将来の経済・社会に大きな変革をもたらす源泉あるいは革新技術として位置づけ、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加速している。

例えば、アメリカでは、2018 年に国家量子イニシアティブ法が成立し、Google、IBM、Intel といった大手 IT 企業が先導した研究開発が行われており、中国では 2016 年から 2020 年の科学技術イノベーション第 14 次 5 ヶ年計画で「量子情報」分野を重要とする分野の一つに位置付けたうえで、大学研究者に企業が積極的に参加するといった体制での研究開発が行われるなど、各国で積極的な研究開発が行われている。

④本プロジェクトのねらい

本プロジェクトでは上記の状況を踏まえ、量子技術と従来型（古典）技術システムを融合・一体化したサイバー・フィジカルシステム（以下、「量子・古典ハイブリッド型サイバー・フィジカルシステム」といい、そこで活用する技術を「量子・古典ハイブリッド技術」という。）による省エネルギー等のエネルギー需給構造の高度化への貢献に加えて、その研究開発を通じた技術の高度化、社会実装にむけて、量子コンピュータを我が国の産業競争力強化・社会課題解決にフル活用するため、技術が先行するアニーリング方式の利活用を世界に先駆けて進めつつ、早期のビジネスモデル・サプライチェーン・国際共同開発体制の構築により、その後立ち上がるゲート方式の市場獲得をめざす。

具体的には、量子技術が社会実装され、民間投資で自律的に成長する市場を形成するためには、早い段階から産業化を見据えて量子・古典ハイブリッド型サイバー・フィジカルシステムのアプリケーションソフトウェア（以下、「量子・古典アプリケーション」という。）の開発に着手することが有効と考えられる。特に、AI の急速な進歩と波及によって、データ活用の高度化と拡大が進む中、量子技術は、それをさらに加速する起爆剤となり、将来のコンピューティング性能の飛躍的な向上をもたらすことが期待されている。そこで、本プロジェクトにおける量子・古典アプリケーションの開発では、前述のビジョン等で言及されている「素材開発」「製造」

「物流・交通」「ネットワーク」の４分野において、量子技術（量子 inspired 技術含む）と AI のそれぞれの特性を組み合わせることによりデータ活用の高度化を達成し、生産性向上や省エネルギー化に貢献すると共に、量子・古典ハイブリッド型サイバー・フィジカルシステムに実装して実証を行うことで、ビジネスモデルや戦略の変革をもたらすユースケースの創出を目指す。

また、量子技術と AI を組み合わせることで従来技術では解決が困難なビジネス問題の規模や複雑さに対応可能で、単一の分野内での複数の利用者間、又は複数の分野間で共通利用可能なアルゴリズム等で構成するライブラリ（以下、「共通ライブラリ」という。）の開発及び整備を行うことで、量子・古典アプリケーション開発の飛躍的な効率化を通じて抜本的な生産性の向上、産業競争力の維持・向上、エネルギー需給の高度化を実現することを目指す。

量子・古典アプリケーション開発にあたっては、複数の技術方式が想定されるため、あらかじめ多くの研究提案を採用し、これを競争させ、事業の進捗や成果の状況に応じて有望なものに絞り込んでいく多産多死型の研究開発モデルを適用する。そのため、公募時点でステージゲート方式による絞り込みの考え方・通過数を定めるものとする。

（２）研究開発の目標

①アウトプット目標

【中間目標】2025 年度

・量子・古典アプリケーションを活用した事業を行うにあたり必要な、課題の整理、解決手法を整理し、量子・古典アプリケーションのプロトタイプ版を 3 件以上開発する。

・共通ライブラリについて、ライブラリ仕様の要件定義を完了する。また、量子・古典アプリケーション開発に使用可能なアルゴリズムを 3 件以上開発する。また、開発したアルゴリズムを提供する共通ライブラリの管理体制の明確化を行う。

【最終目標】2027 年度

・実環境下での実証実験で有効な結果を得た量子・古典アプリケーションを４件以上開発する。

・量子・古典アプリケーション開発に使用可能な共通ライブラリを３件以上開発する。また、開発した共通ライブラリの有効性評価を行う。

②アウトカム目標

「素材開発」分野では素材開発のマテリアルズ及びプロセスインフォマティクス最適化等、「製造」分野ではスマートファクトリ導入による生産最適化とサプライチェーン最適化等、「物流・交通」分野では物流ルートの最適化及びスマート交

通の導入促進に向けた交通量・交通手段最適化等、「ネットワーク」分野では仮想発電所（VPP）における需給予測とネットワーク制御等において、従来技術では困難であった課題解決によって実現する最適化による既存ビジネスモデルや運用フロー等の効率化、省エネルギー化、時間短縮等に資するユースケース創出による量子・古典ハイブリッド技術の普及促進への貢献により 2035 年時点で 1,342 万トン/年以上の CO_2 排出量削減、及び量子コンピュータ新規市場に先行者として参入することで約 650 億円規模の市場獲得に貢献する。

③アウトカム目標達成に向けての取組

本事業で研究開発した量子・古典アプリケーションの実証結果、及び共通ライブラリの整備を元に、「素材開発」「製造」「物流・交通」「ネットワーク」といった研究開発の対象分野を中心として量子・古典アプリケーションの開発とその事業化を促進し、アウトカムの達成を目指す。

共通ライブラリの研究開発にあたっては、量子・古典アプリケーション開発の実施者と連携する機会を設けることで、量子・古典アプリケーション開発に広く受け入れられる共通ライブラリの仕様を整え、開発成果が広く普及することを目指す。

また、不確実性の高い量子技術の分野への民間投資を引き出すには、長期間にわたって技術・知見・ネットワークにアクセスできる場（テックコミュニティ）が構築されることが有効である。そのため、ユースケースやライブラリ等の成果や事業過程の知見に係る情報発信、本事業成果の横展開や新たな研究開発テーマの発掘に繋がる取組等の実施を通じて、テックコミュニティの活性化への貢献と共に、本事業成果の社会実装を促進する。

（３）研究開発の内容

上記目標を達成するために、別紙 1 の研究開発計画及び別紙 2 の研究開発スケジュールに基づき研究開発を実施する。

研究開発項目①「量子・古典アプリケーション開発・実証」
研究開発項目②「量子・古典の最適化等に向けたライブラリ開発」

研究開発項目①については、研究開発内容に応じて、委託事業と助成事業のフェーズを設けて実施する。委託事業では、経済的合理性が見込めないリスクはあるが、実用化により経済的に大きな便益が期待できる研究課題を対象として事業を実施する。基本は初期仮説の検証を重点に置く開発研究を実施し、ステージゲート審査にて選別したテーマを対象として、本格的な研究開発の実施へ移行するが、初期仮説の検証が終わっている場合は本格的な研究開発の実施からの開始も可能とする。助成事業では、企業の積極的な関与により推進されるべき事業化に向けた課題に対する研究開発を実施する（NEDO 負担率：大企業 1/2 助成、中堅・中小・ベンチ

ャー企業 2/3 助成)。

研究開発項目②については、国民経済的には大きな便益がありながらも、研究開発成果が直接的に市場性と結び付かない公共性の高い事業であり、委託事業として実施する。

２．研究開発の実施方式

（１）研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下「PMgr」という。）に NEDO　AI・ロボット部　橋本就吾を指名する。PMgr は、事業の成果・効果を最大化させるため、実務責任者として担当事業全体の進行を計画・管理し、事業遂行にかかる業務を統括する。

NEDO は公募により研究開発実施者を選定する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、プロジェクトリーダー（以下「PL」という。）を委嘱する。PL は、PMgr の指示の下、プロジェクトに参画する実施者の研究開発を主導する。

（２）研究開発の運営

NEDO は、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

PMgr は、PL 及び研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術推進委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

② 技術分野における動向の把握・分析

PMgr は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し技術の普及方策を分析、検討する。

③ 研究開発テーマの評価

研究開発項目①を対象として、初期仮説の検証を重点に置く開発研究と本格的な研究開発のそれぞれの最終年度において、外部有識者によるステージゲート審査を行う。PMgr は、ステージゲート審査を活用し、研究開発テーマごとの

研究開発の進捗、及び実施者自らが設定する目標の達成度合いを基に、中間年度の場合はそれ以降の研究開発テーマの継続是非、最終年度の場合は助成事業フェーズへの移行是非を同年度末までに決定する。

（３）その他

研究開発の加速や成果最大化に繋げる取組として、各実施テーマにメンターや専門家を派遣し、開発に関する専門的な助言などの必要な支援が得られる体制を必要に応じて構築する。

３．研究開発の実施期間

2023 年度から 2027 年度までの 5 年間とする。

４．評価に関する事項

NEDO は技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は、終了時評価を 2028 年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

また、2025 年度には当該研究開発の進捗及び中間目標の達成度合いを評価し、その結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

５．その他重要事項

（１）研究開発成果の取扱い

①成果の普及

研究開発成果のうち共通基盤技術に係るものについては、プロジェクト内で速やかに共有し、NEDO 及び実施者が協力して普及に努めるものとする。

②知的財産権の帰属、管理等取扱い

研究開発成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー・産業技術業務方法書」第 25 条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。なお、事業化を見据えた知財戦略を構築し、適切な知財管理を実施する。

③知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「「量子・古典ハイブリッド技術のサイバー・フィジカル開発事業」における知財マネジメント基本方針」を適用する。特に協調領域の知財のプロジェクト実施者に対する許諾等の運用に関して、研究開発成果の最大化を

考慮した運用を行う。

④データマネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDO プロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指定データを指定しない場合）」を適用する。

（２）「プロジェクト基本計画」の見直し

PMgr は、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

（３）根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第一号ニ、第三号及び第九号に基づき実施する。

（４）その他

本事業のうち委託事業は、交付金インセンティブ制度を活用することとする。当該事業における具体的運用等は、公募を経て採択された実施者に提示する。

６．基本計画の改定履歴

（１）2023 年 3 月、制定

（２）2023 年 8 月、研究開発スケジュールの変更

（３）2024 年 2 月、以下４点の変更

- 経済産業省 R6 年度予算名称の変更に伴う基本計画名の変更、及びこれに関連する文言の変更
- 開発分野に「ネットワーク」を追加
- 研究開発項目①のアウトプット最終目標の変更（量子・古典アプリケーション開発件数を３件以上から４件以上に変更）
- 研究開発項目②のアウトプット最終目標の変更（共通ライブラリ開発件数を３件以上から４件以上に変更）

（４）2024 年 4 月、PMgr の変更、政策文書の追加、その他軽微な修正

（５）2024 年 8 月、組織改編に伴う部署名の変更

（６）2025 年 1 月、以下２点の変更

- 研究開発項目②のアウトプット最終目標の変更（４件を３件に修正）
- 根拠法の修正
- 研究開発スケジュールの変更

（別紙１）研究開発計画

研究開発項目①　量子・古典アプリケーション開発・実証

１．研究開発の必要性

量子技術が社会実装され、民間投資で自律的に成長する市場を形成するためには、早い段階から産業化を見据えて量子・古典ハイブリッド型サイバー・フィジカルシステムのアプリケーションソフトウェアの開発に着手することが有効と考えられる。特に、AI の急速な進歩と波及によって、データ活用の高度化と拡大が進む中、量子技術は、それをさらに加速する起爆剤となり、将来のコンピューティング性能の飛躍的な向上をもたらすことが期待されている。また、AI 等の計算機科学など従来型（古典）技術システムとも融合したハイブリッドなコンピューティングサービスは、新たな産業的な価値をもたらすほか、既存の物理学の枠を越えた、これまでにない科学的成果も生み出す大きなポテンシャルを有しているとされている。

センサー技術、ものづくり技術等の分野で強みを持つ我が国においては、データ活用を飛躍的に高度化する技術を、製品・サービス開発等の産業分野に導入し、産業競争力を強化することで、生産性の向上、産業競争力の維持・向上、エネルギー需給の高度化を実現することが重要である。

２．研究開発の具体的内容

「素材開発」「製造」「物流・交通」「ネットワーク」の４分野において、量子技術（量子 inspired 技術含む）と AI のそれぞれの特性を組み合わせることによりデータ活用の高度化を達成し、生産性向上や省エネルギー化に貢献する量子・古典アプリケーションを開発すると共に、量子・古典ハイブリッド型サイバー・フィジカルシステムに実装して従来技術に対する優位性及び事業化に対する有効性について実証を行う。

３．達成目標

【中間目標】2025 年度

量子・古典アプリケーションを活用した事業を行うにあたり、課題の整理、解決手法を整理し、量子・古典アプリケーションのプロトタイプ版を 3 件以上開発する。

【最終目標】2027 年度

量子・古典アプリケーションを開発し、実証で有効な結果を得た実用化開発支援事例を４件以上示す。

研究開発項目②　量子・古典の最適化等に向けたライブラリ開発

１．研究開発の必要性

量子・古典アプリケーションによって、生産性の向上、産業競争力の維持・向上、エネルギー需給の高度化を実現するだけでなく、量子・古典ハイブリッド技術の発展と技術活用による新たなサービス・市場創出との好循環を形成することが理想である。この好循環を形成するためには、量子・古典アプリケーション開発が効率的に行われることが必要である。そこで、単一の分野内での複数の利用者間、又は複数の分野間で共通利用可能な、量子・古典ハイブリッド技術を活用したアルゴリズム等を開発し、幅広くベンダーや企業に普及させることで、量子・古典アプリケーション開発の飛躍的な効率化を実現する。

２．研究開発の具体的内容

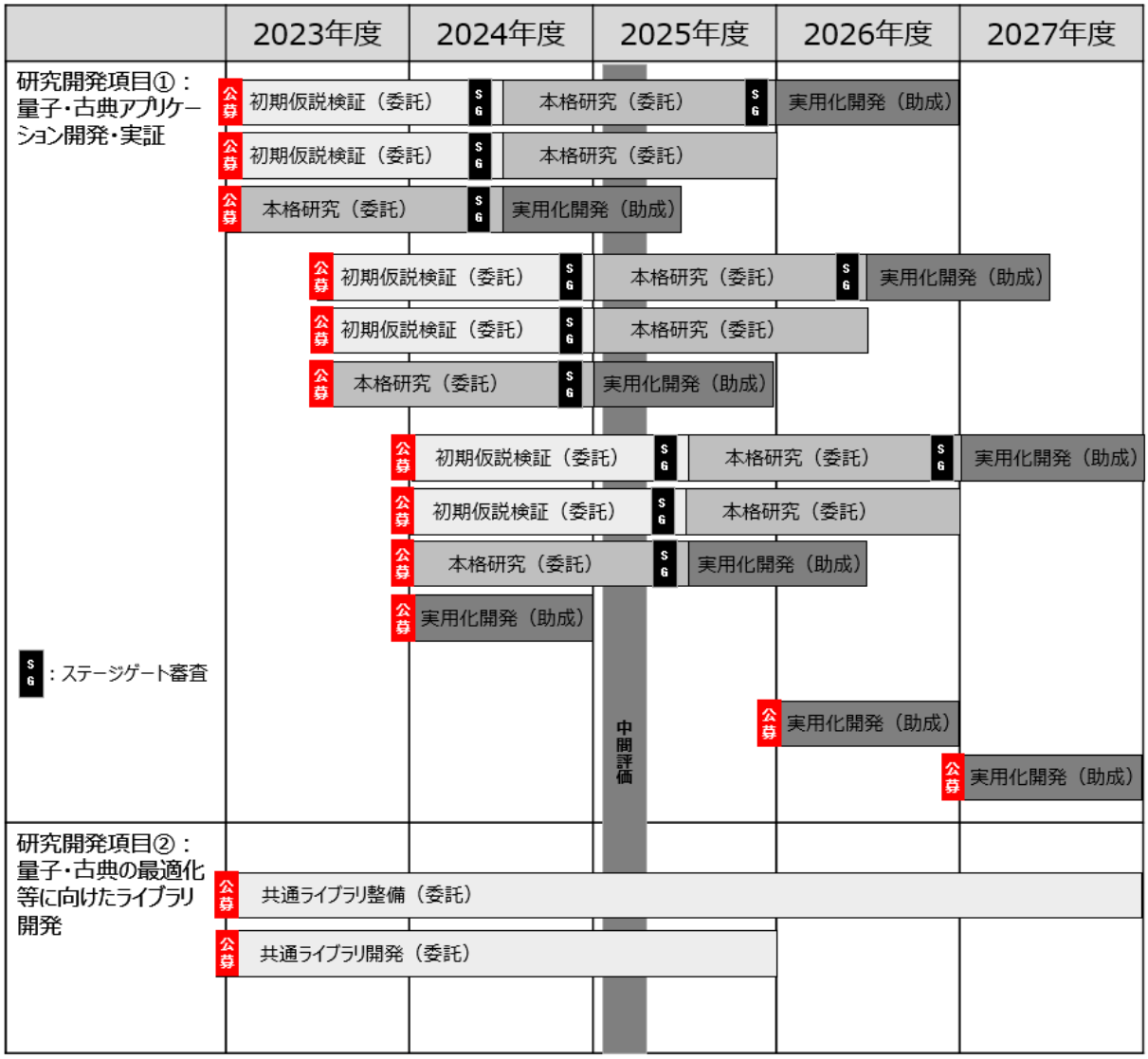
量子技術と AI を組み合わせることで従来技術では解決が困難なビジネス問題の規模や複雑さに対応可能で、単一の分野内での複数の利用者間、又は複数の分野間で共通利用可能なアルゴリズム等で構成するライブラリを開発する。また、開発した共通ライブラリの有効性について検証を行う。さらに、共通ライブラリの普及に向けた管理体制について明確化し、その整備を行う。

３．達成目標

【中間目標】2025 年度

共通ライブラリについて、ライブラリ仕様の要件定義を完了する。また、量子・古典アプリケーション開発に使用可能なアルゴリズムを３件以上開発する。また、開発したアルゴリズムを提供する共通ライブラリの管理体制の明確化を行う。

【最終目標】2027 年度

量子・古典アプリケーション開発に使用可能な共通ライブラリを３件以上開発する。また、開発した共通ライブラリの有効性評価を行う。

（別紙２）研究開発スケジュール