目標6 2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現

誤り耐性ネットワーク型量子コンピュータ

ここから、新・未来へ
MOONSHOT RESEARCH & DEVELOPMENT PROGRAM

Project manager

(2025 年度採択)

山本 俊

大阪大学 大学院基礎工学研究科/量子情報・量子生命研究センター 教授/副センター長

代表機関

大阪大学

研究開発機関

大阪大学、情報通信研究機構、早稲田大学、理化学研究所、慶応義塾大学、国立情報学研究所

プロジェクト概要

本研究開発プロジェクトは、多数の小中規模の量子プロセッサを互いに量子接続するためのネットワーク化技術を開発し、大規模な「誤り耐性ネットワーク型量子コンピュータ」の実現を目指します。目標６が目指す「誤り耐性型汎用量子コンピュータ」を実現するためには、１００万量子ビットを扱える量子プロセッサが必要と考えられています。しかし、単一の量子プロセッサでこれを実現するのは難しいため、複数のモジュール化された量子プロセッサをネットワーク化することが重要となります。本プロジェクトでは、量子プロセッサとなるハードウェアとして、原子とイオンを対象にし、光子によるネットワーク化技術を開発します。原子やイオンは、光子を発生し、光子との間に量子もつれを作り、それを使って離れた量子プロセッサ間に量子もつれを作ることができます。この量子もつれによって、離れた量子プロセッサが量子接続され、一つの大きな量子プロセッサとして動作します。この量子プロセッサが「誤り耐性」をもつには、それぞれの量子プロセッサが１０００を超える物理量子ビットから構成される誤り訂正可能な論理量子ビットを扱える必要があります。したがって、離れた量子プロセッサの論理量子ビット間に量子もつれを作り、それによって「誤り耐性ネットワーク型量子コンピュータ」を実現する計画となっています。

2030年までのマイルストーン

原子やイオンの量子プロセッサのハードウェア研究開発プロジェクト等と連携して、離れた量子プロセッサの論理量子ビット間に量子もつれを作る「論理量子もつれ共有」を実現します。これにより、２０５０年までに、１００万量子ビット規模の量子コンピュータをネットワーク型量子コンピュータにより実現するための共通基盤技術を確立します。

2028年までのマイルストーン

２０３０年までのマイルストーンを達成するために、多数の物理量子ビットから構成される論理量子ビット間に量子もつれを作る「量子もつれ多重化通信技術」を実現します。

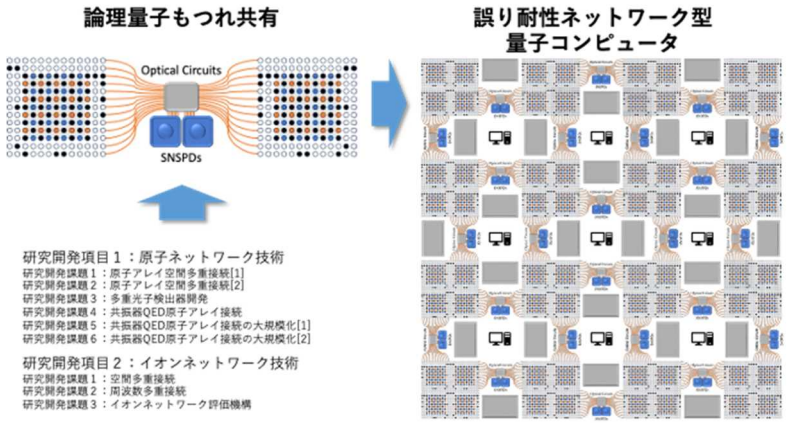
研究開発体制 （2026 年 4 月時点）

本プロジェクトでは、原子とイオンに対応した研究開発項目を「原子ネットワーク技術」と「イオンネットワーク技術」として研究開発を推進します。また、ネットワーク化に共通して用いられる光子検出技術の研究開発を「原子ネットワーク技術」において実施し、その研究成果を各研究開発項目に水平展開する計画です。２０５０年までに実現する「誤り耐性ネットワーク型量子コンピュータ」の概念図と２０３０年までに実現する「論理量子もつれ共有」の概念図とともに、各研究開発課題を図にまとめています。

「原子ネットワーク技術」では、原子と光子の量子もつれを大規模に用意する空間多重の量子接続の方法と共振器 QED による理想的な量子接続効率を目指す方法の２つのアプローチで「論理量子もつれ共有」の実現を目指します。また、原子量子プロセッサのハードウェア研究開発プロジェクトと連携して、１０００物理量子ビット規模の量子プロセッサのネットワーク技術を確立します。

「イオンネットワーク技術」では、イオンと光子の量子もつれを大規模に用意する量子接続の方法として、空間多重による量子スイッチを用いる方法と周波数多重による量子スイッチを用いる方法の２つのアプローチで研究開発を行います。これにより、イオントラップ量子プロセッサのハードウェア研究開発プロジェクトと連携して、「論理量子もつれ共有」の実現を目指します。

本プロジェクトは研究成果を他のプロジェクトに積極的に展開して、ムーンショット目標６全体の達成に貢献します。



国立研究開発法人 科学技術振興機構 Japan Science and Technology Agency