

【Flagshipプロジェクト】「量子情報処理(主に量子シミュレータ・量子コンピュータ)」の採択課題

採択課題 超伝導量子コンピュータの研究開発

研究代表者 理化学研究所・創発物性科学研究センター 中村 泰信チームリーダー

(共同研究機関) 東京大学、産業技術総合研究所 情報通信研究機構、QunaSys、MDR、東芝、NEC、NTT、京都大学、大阪大学、名古屋大学、東京医科歯科大学

概要 超伝導量子ビットを用いた、古典計算機の限界を超える計算を可能にする量子計算プラットフォーム拠点を構築
3次元パッケージング技術を提案し、**100量子ビット以上**を実装
量子コンピュータ上で優位性を示す**アプリケーション**の開拓、**クラウドサービス**による利用者への提供

研究開発目標

- ・3次元パッケージングによる**100量子ビット以上**の実装
- ・**クラウドサービス**による**アプリケーション**の利用者への提供

マイルストーン

- ・5年後：**50量子ビット**実装、**高忠実度***1な制御および観測を実現
50量子ビットシステムの**クラウドサービス**を開始
- ・10年後：**100量子ビット**実装、**高忠実度***2な制御および観測を実現
100量子ビットシステムの**クラウドサービス**を開始、**実利用**に向けた応用

*1 1量子ビットゲート>99.9%、2量子ビットゲート>99%、読み出し>99%

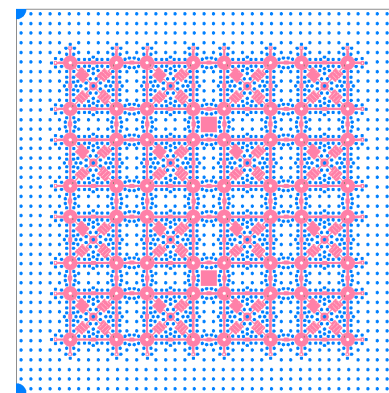
*2 1量子ビットゲート>99.95%、2量子ビットゲート>99.9%、読み出し>99.9%

出口戦略

- ・クラウドシステムの構築運用：**連携企業と協働**
- ・ハードウェア技術：**コンソーシアム**の設置、**連携企業**の開拓により
産学共同で開発・**実用化**を目指す

研究基盤の強化・次世代人材の育成

- ・**次世代のリーダー候補**となる若手研究者を**PI**として採用
- ・博士課程学生を**研究員等**として雇用
- ・海外の研究グループと連携、**国際的な人事交流**
- ・研究開発**コンソーシアム**の設立
- ・研究者・学生のキャリアパス確保の支援



20 mm × 20 mm

量子ビット集積チップ (イメージ)



超伝導量子ビット集積回路の性能向上

【基礎基盤研究】 「量子情報処理 (主に量子シミュレータ・量子コンピュータ)」 の採択課題①

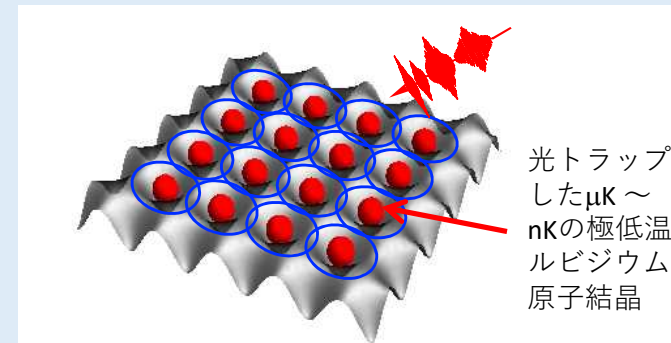
採択課題 アト秒ナノメートル領域の時空間光制御に基づく冷却原子量子シミュレータの開発と量子計算への応用

研究代表者 自然科学研究機構分子科学研究所 大森 賢治 教授

概要 アト秒(10^{-18} 秒)精度の超高速量子シミュレータと、基底状態の短距離相互作用を厳密に制御する高機能ハバード量子シミュレータを開発

Flagshipプロジェクトとの相補的・相乗的効果：

Flagshipプロジェクトとは異なる手法を発展させ、量子情報処理のプラットフォームの形成に貢献



アト秒精度のコヒーレント制御

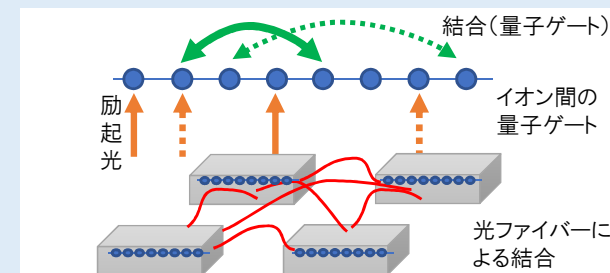
採択課題 冷却イオンによる多自由度複合量子シミュレータ

研究代表者 大阪大学基礎工学研究科 豊田 健二 特任准教授

概要 全結合性が満たされると考えられている冷却イオン方式を用いた多自由度複合量子シミュレータの開発を行い、20～100イオンでのアナログ量子シミュレーションを実施

Flagshipプロジェクトとの相補的・相乗的効果：

Flagshipプロジェクトとは異なる手法を発展させ、量子情報処理のプラットフォームの形成に貢献



冷却イオンによる量子シミュレータ

採択課題 アーキテクチャを中心とした量子ソフトウェアの理論と実践

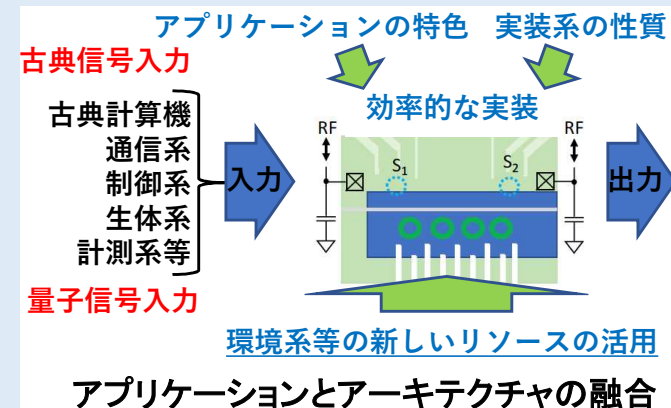
研究代表者 情報・システム研究機構国立情報学研究所

情報学プリンシプル研究系 根本 香絵 教授

概要 少数量子ビット量子情報処理に特化したアプリケーション、量子的なポテンシャルを最大限引き出す実装方法をアーキテクチャとして開発

Flagshipプロジェクトとの相補的・相乗的効果：

ゲート型量子コンピュータのポテンシャルを最大限に引き出すアーキテクチャを解明し、ゲート型量子コンピュータの社会実装を加速



【基礎基盤研究】 「量子情報処理 (主に量子シミュレータ・量子コンピュータ)」 の採択課題②

採択課題 量子コンピュータのための高速シミュレーション環境構築と量子ソフトウェア研究の展開

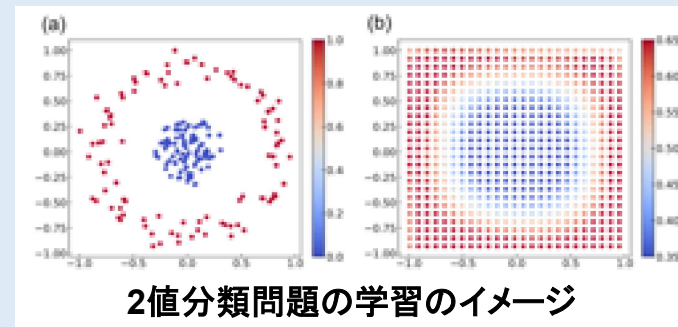
研究代表者 大阪大学大学院基礎工学研究科

藤井 啓祐 教授

概要 古典コンピュータを用いた量子コンピュータのシミュレーション環境の構築と、量子加速に基づいた機械学習・量子化学アルゴリズムの構築

Flagshipプロジェクトとの相補的・相乗的効果：

ゲート型量子コンピュータのソフトウェアを開発し、ゲート型量子コンピュータの社会実装を加速



2値分類問題の学習のイメージ

採択課題 シリコン量子ビットによる量子計算機向け大規模集積回路の実現

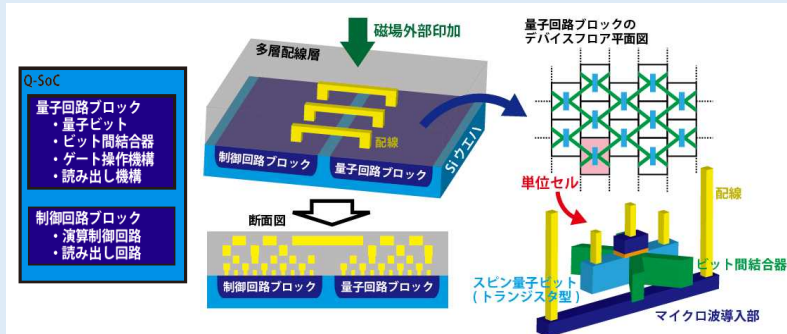
研究代表者 産業技術総合研究所ナノエレクトロニクス研究部門

森 貴洋 主任研究員

概要 高忠実度のシリコン量子ビットをシリコン集積回路技術を用いて集積化し、大規模集積化に適した2量子ビット結合を実現

Flagshipプロジェクトとの相補的・相乗的効果：

Flagshipプロジェクトとは異なる手法を発展させ、量子情報処理のプラットフォームの形成に貢献



チップ集積化のイメージ

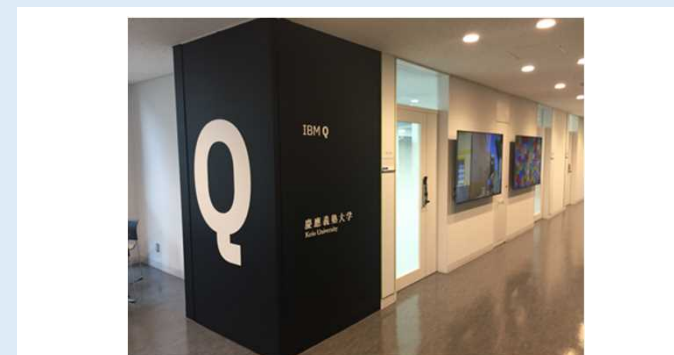
採択課題 量子ソフトウェア

研究代表者 慶應義塾大学工学部 山本 直樹 教授

概要 中規模ゲート型量子コンピュータの実機 IBM Q を活用し、実社会の問題を解決するための量子アルゴリズムの理論整備および実機実装のためのソフトウェア開発を実施

Flagshipプロジェクトとの相補的・相乗的効果：

ゲート型量子コンピュータのソフトウェアを開発し、ゲート型量子コンピュータの社会実装を加速



慶應義塾大学 量子コンピューティングセンター

【Flagshipプロジェクト】「量子情報処理（量子AI）」の採択課題

採択課題 知的量子設計による量子ソフトウェア研究開発と応用

研究代表者 大阪大学 先導的学際研究機構 量子情報・量子生命研究センター 藤井啓祐 副センター長
(共同研究機関) 慶應義塾大学、名古屋大学、東京大学、京都大学、NTT、e-Trees Japanなど

- 概要
- 量子コンピュータの性能を引き出すためのソフトウェアを開発、アーキテクチャ設計を実施、ベンチャー企業等による実装
 - ハードウェア性能の理論的解析、量子優位性を解析するツールを開発、理論的保証のついた量子アルゴリズムを開発
 - NISQコンピュータを利用した量子回路設計法を開発。データ分類、化学反応シミュレーション、金融工学など実課題へ応用

研究開発目標

- NISQの性能を賢く引き出すためのソフトウェア・アーキテクチャの構築。超伝導量子コンピュータへの実装
- 量子優位性を活用したアプリケーションの利用者への提供。量子AIによる実問題の解析

マイルストーン

- 5年後：データ分類、化学反応シミュレーション、金融工学解析のアルゴリズムのライブラリ公開
量子回路解析ツールの開発・クラウド公開、物理エミュレータの構築・クラウド公開
- 10年後：量子AIの物性・機械学習への方法論を実問題へ適用
NISQコンピュータにおける量子回路設計ツールの開発・クラウド公開
超伝導量子コンピュータ開発のプロジェクトと連携、実機を動作するソフトウェアの実装

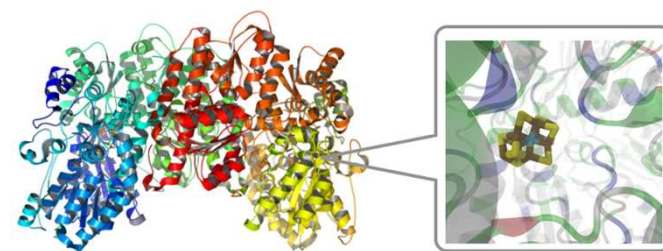
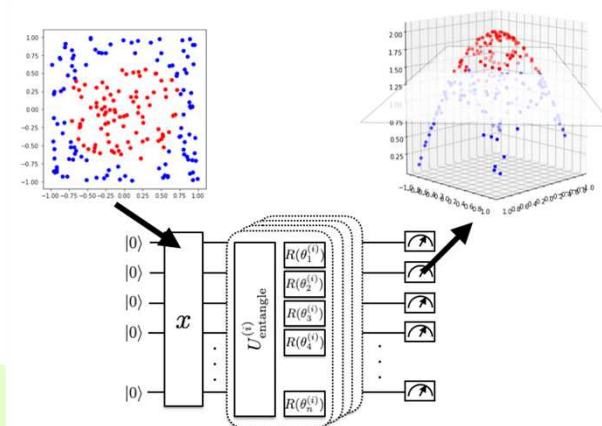
出口戦略

ハードウェア・ソフトウェア研究開発機関・企業等による量子コンピュータ開発エコシステムの確立。
社会的ニーズや実装技術をフィードバック。

- NISQ動作に向けたソフトウェア・アーキテクチャの構築運用：連携機関・企業が担当
- 公開が難しい技術の実装：起業・事業化など

研究基盤の強化・次世代人材の育成

- 高校生、高専生へのアウトリーチ、大学生や他分野の研究者を対象とするスクール。一般参加者を含めたチュートリアルやハッカソンにより、量子計算分野の普及を目指す。
- 博士課程学生をRAとして経済的に支援
- 若手研究者の海外研究機関への派遣、海外研究機関からの研究者の受入れを支援
- 共同研究機関からの社会人ドクター・研究員の受入れ。企業等からビジター、インターンの受入れによる量子技術の底上げを図る。



M. Reiher et al., PNAS 114, 7555-7560 (2017)

量子コンピュータの活用が期待される触媒（酵素）
窒素固定酵素（左）とその心臓部（右）