

量子情報処理（主に量子シミュレータ・量子コンピュータ）実施方針



PD

伊藤 公平

(慶応義塾大学理工学部長・教授/JST・さがけ 量子の状態制御と機能化・研究総括)

(1) 概要

量子コンピュータに関連する市場規模は2024年までに約1.2兆円になると予測されており（Research And Markets 調べ）、近年、材料科学や創薬、AI、最適化問題などへの適用を視野に、海外IT大手を中心に大規模な投資による研究開発が進行中である。本プログラムでは、社会・経済に大きなインパクトを与え得る汎用量子コンピュータの将来的な開発を念頭に、中期的な出口目標や社会実装を明確に定めた研究開発を実施する。

(2) Flagship プロジェクトについて

①達成目標

~~超伝導量子ビット方式により、下記のいずれかの方式により、古典計算機の限界を超える量子シミュレーションを実現する量子シミュレータや、同じく古典計算機の限界を超える計算・シミュレーションを実現する量子コンピュータ^{*}を開発する。~~

~~※誤り耐性の有無は問わない。~~

~~（冷却原子・分子方式）~~

②具体的な研究開発事項

~~現実の物質系の状態をシミュレートする多数の原子の捕捉、欠陥の影響や相互作用の実現および補足原子の高度な制御技術の開発~~

③マイルストーン

~~【5年後】~~

~~・多体電子ダイナミクスシミュレータのプロトタイプを開発し、利用者へ提供、実利用への応用の検証を開始~~

~~（開発目標例）~~

~~・現実の物質系におけるフェルミ温度と物質温度の比率を実現する光格子中の原子温度の実現~~

- ~~量子多体系を実現する多数の原子（1,000 個程度以上）の光格子中への捕捉および捕捉原子のサイト分解観測と制御~~

~~【10 年後】~~

- ~~コヒーレント量子アニーラーや量子化学計算機のプロトタイプを開発し、クラウドサービスによる利用者への提供~~

~~（開発目標例）~~

- ~~光格子中に100 個以上の原子を捕捉した系における長距離相互作用の実現および各捕捉原子の個別操作、または量子化学計算等で量子優位性を示すシステムの構築~~

~~（超伝導量子ビット）~~

②具体的な研究開発事項

- 量子ビットの高集積化技術や高品質な量子ビット（高忠実度、長コヒーレンス時間）等の開発
- および量子コンピュータ上で実用上の優位性を示すことができるアプリケーションの開拓及び、クラウドサービスによる利用者への提供、これらにより開発される量子コンピュータの実利用に向けた研究

③マイルストーン

【5 年後】

- 量子コンピュータのプロトタイプを構築し、50 量子ビット以上のシステムでクラウドサービスを開始し、により量子優位性を実証し、利用者へ提供、量子実利用での優位性の検証を開始
- 50 量子ビット以上の実装及び、高忠実度（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%）の実現

~~（開発目標例）~~

~~50 量子ビット以上の実装および高忠実度（>99.9%）の実現、または少数でも量子優位性の実証可能な高品質な量子ビットやアーキテクチャの開発~~

【10 年後】

- 量子コンピュータのプロトタイプを更に高度化し、100 量子ビット以上のシステムで実利用に向けた応用の実証、クラウドサービスを開始、による利用者への提供実利用に向けた応用の実証

~~（開発目標例）~~

100 量子ビット以上の実装したシステムにおける、および高忠実度（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%)の実現、または少数でも実利用での優位性を示すことが可能な高品質な量子ビットやアーキテクチャの開発

④研究開発マネジメントについて

・協調領域と、競争領域のを区別についてし、研究開発を実施すること。協調領域では、プロジェクトの計画に沿った適切な時期において、コンソーシアム等を活用し企業の意見を反映しつつ研究開発を実施すること。また、競争領域では、ユーザー企業のニーズを踏まえた開発を実施し、社会実装につなげること。

【協調領域】

既存コンピューティング技術に対して優位に解ける課題の探索について、コンソーシアム等を活用し企業の意見を反映しつつ研究開発を実施

【競争領域】

既存コンピューティング技術に対して優位に解ける課題に対し、量子コンピュータで計算するうえでのハードウェア構築及び、ハードウェアアーキテクチャを反映したミドルウェアの開発について、ユーザとなる企業・研究者などと個別に密接に議論しながら、個々のアプリケーションにふさわしい解決策を融合的に統合した最適なハードウェアの開発とその提供

・ 出口戦略について

プロジェクト中盤の5年目までにクラウドサービスを開始し、有力アプリケーションの探索とシステム運用上の課題抽出を実施

サービスの運用は、連携企業がユーザにアプリケーションを提案し、社会課題の解決を目指すソリューション構築を行う形で実施

ハードウェア技術は、コンソーシアムなどの情報共有の場を設けて、関心をもつ企業を開拓し、ノウハウを提供して共同で開発・事業化

~~・事業期間内に、量子シミュレータまたは量子コンピュータについてはTRL6を達成し、社会実装を目指すこと。~~

・ 研究マネジメント体制について

~~・量子シミュレータ・量子コンピュータの社会実装を戦略的に推進するため、国内外の最新の動向を把握し、出口戦略を見据えながら研究開発目標・計画の設定・見直しを的確に行うことができる研究開発マネージャーも含めた体制を構築する。国内外の量子コンピュータに関する最新の動向を把握し、出口戦略を見定めながら自らの研究開発目標・計画を常に世界動向を踏まえたものとするため、必要な研究開発マネジメントの専門家も含めた研究開発体制を構築すること。~~

~~・官学のみならず民間企業も含めた若手人材の育成や登用など、当該分野の持続的な発展に資する特色ある~~

⑤ ~~人材育成の取組を実施すること。~~ について

今後、量子情報処理技術が実用的な選択肢の一つとなることが確実な情勢の中、日本が世界の中でその潮流を担えるよう、10年を見据えた人材育成を行う。

- ・博士課程学生をプロジェクトで研究員として雇用するなど、生活基盤の安定を確保し、研究に専念できる体制を確保
- ・次世代リーダー候補となる若手研究者を独立したPIとして採用し、リーダーとして活躍するための基盤を構築
- ・国際会議の開催、海外派遣などにより国内外の研究者との交流の場を設け、世界で活躍できる人材として育成する
- ・セミナー等の開催により、異分野の学生・研究者との連携を図るほか、産業界における量子情報科学人材の育成を行う
- ・プロジェクトに参画する若手研究者・学生のキャリアパスの確保

(3) 基礎基盤研究

① 実施募集する研究テーマ

- ・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
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
- ・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
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
- ・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
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
- ・量子ソフトウェア
中規模ゲート型量子コンピュータを活用し、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や実機実装のためのソフトウェアを開発
- ・冷却原子量子シミュレータの開発と量子計算への応用
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ト量子シミュレータを開発

・冷却イオンによる多自由度複合量子シミュレータ

全結合性が高い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

- ・ソフトウェア（量子情報理論、ミドルウェア、アプリケーション等を含む）
- ・半導体量子ドット
- ・イオントラップ
- ・その他（光ゲート方式やトポロジに基づく研究、異なる要素技術のハイブリッド等）

②留意事項について

- ・量子情報処理に関するネットワーク型研究拠点を構成する研究グループとして研究を行うことを念頭にした研究提案とすること。
- ・特に、(2)の研究実施に当たっては、量子情報処理（主に、量子シミュレータ・量子コンピュータ）に関するネットワーク型研究拠点に参画し、Flagship プロジェクトと相補的かつ相乗的な効果を出すこと。Flagship プロジェクトと相補的かつ相乗的な効果が期待される研究提案とし、適宜、情報共有を図るなど密接な連携のもと研究を実施すること。

(4) その他

- ・研究テーマの詳細については、科学技術・学術審議会量子科学技術委員会（第16回）資料3の別紙1を参考に検討すること。
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/089/shiryo/_icsFiles/fieldfile/2018/02/05/1401013_3_2.pdf
- ・(2)で挙げた具体的な研究開発事項やマイルストーンを踏まえて、経済・社会に対してより高いインパクトを与えることができる提案も歓迎する。
- ・審査の過程で、申請された研究プロジェクトの種類とは別の研究プロジェクトで採択される可能性がある（例：Flagship プロジェクトで申請したが、基礎基盤研究で採択）。
- ・技術領域全体に対する人材育成・プロモーション方策については2019年度開始を目指して2018年度は準備を実施。
- ・マイルストーン、目標・計画は最新の国内外の研究開発動向を踏まえたベンチマークのもと、出口戦略を見据えて、定期的に見直していくことが重要である。