資料1－1
科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
量子科学技術委員会（第13回）
平成２９年6月30日

量子情報処理（主に量子シミュレータ・量子コンピュータ）に係るロードマップ （案）

量子力学的な効果を情報処理の単位とした計算や物質中の電子等の振る舞いを人工的な別の量子状態で模擬する技術。物性や化学反応を支配する電子状態の解明に基づく、超低消費電力デバイス等の開発や創薬への応用、量子コンピュータへの発展が期待。

- 超伝導ビット、量子ドット、光
- 冷却原子・分子、イオントラップ、光
- トポロジー
- 量子アニーリング
- 共通

経済・社会インパクト

- 汎用デジタル量子コンピュータへ発展する。（超伝導ビット、量子ドット、冷却原子・分子、イオントラップ、光、トポロジー）
- AIを備えたIoT技術の高精度化が進展し、高度な自動化が加速する。（自動運転の高度化、工場の自動化の発展が期待される）
- 物性の予測に基づく高効率な創薬への道が開ける。（例：ターゲット分子の量子化学計算に基づいた薬剤のデザインが期待される）
- 大規模組合せ最適化問題の近似解が求められるようになり、実社会の問題に適用され始める。（例：AIの高度化、渋滞緩和、スマートグリッドの高効率化等が期待される）
- 室温動作する超低消費電力デバイスの開発が進展する。（例：室温超伝導体の発展、超高速光電子デバイスの開発等が期待される）
- 物質の機能や化学反応に関する理解が深まり、狙った機能をもつ材料の設計指針に繋がる研究が進展する（テーラーメイド物質創成へ）。（例：人工光合成物質、高効率触媒等の開発が期待される）

科学技術インパクト

- 量子性を活かした小規模なサービスや基盤技術が発展する。（例：完全乱数や秘匿性の高い計算の提供、量子アルゴリズムが進展する）
- 電子状態の変化も含めた高度な計算により、幅広い物質の機能に関する理解が進展する。（例：物質の光に対する応答に関して予測と実験との直接比較ができるようになる）
- トポロジカル量子計算技術が発展し、複雑で大規模な物質の理解が深化する。（例：タンパク質の立体構造の高度な理解に基づく物性予測が進展し、病理の理解が加速する）
- 高温超伝導の発現メカニズムの理解が深まり、設計指針につながる研究が進展する。

スパコンでも困難な計算が可能になり始める（量子優位性の実現）

（可能となる模擬実験）

- 宇宙物理や素粒子物理研究への展開が始まる。（例：検証の難しい初期宇宙や中性子星内部の実験的検証が期待される）
- 50～100個程度の粒子を含む物理系の高度な計算が始まる。（ポスト「京」でも厳密計算では25～30個程度の粒子の計算が限界。消費電力も100分の1以下に低減）
- 未解明の物理現象に関する理解が深まり、基礎物理における学理が進展する。（例：非平衡量子物理分野の進展が期待される）
- 基本的な物理系における電子状態のマクロな相転移を模擬
- 応用上重要な物質（例：高温超伝導体）における電子の平衡状態の模擬・計測が可能になり始める。
- 非平衡状態（過渡現象や化学反応過程）における電子状態の模擬・計測が可能になり始める。
- 外部の利用者がクラウドを通して量子シミュレータを利用できる環境の整備が進む。（利用者の増加により広範な分野での研究・技術の加速的発展が期待される）

研究・技術の進展

- 10^5個の原子を規則的に捕捉し、短距離相互作用に基づく模擬実験が可能
- 制御性の高い物理量子ビットでは10個程度が実現
- 捕捉する原子の低温化や長距離相互作用、不規則な原子配置の導入により、実在する物質の模擬が可能となる。
- 20～50個程度の物理量子ビットの任意の量子操作が可能となる。
- 捕捉した原子の時間制御や捕捉方法の高度化により、物質の状態の時間変化の模擬・計測が実現する。
- 100個程度の物理量子ビットの任意の量子操作が可能となる。
- 新たな物理原理（トポロジー）を利用した量子計算の基盤研究が進み、応用への展開が始まる。
- 量子誤り訂正と関連する量子状態の高度計測・制御が進展する。
- 多数の物理量子ビット（500～1,000個）を実装した量子シミュレータの利用が始まる。

現在（2017年度） → 5年（2022年度） → 10年（2027年度）