

課題名： ホログラフィックに制御された光ポテンシャルによる大規模2次元量子計算機の実現

氏名： 上妻幹男

機関名： 東京工業大学

1. 研究の背景

新材料を実際に作らずとも、その性質を詳らかにできるならば、時間・コスト・エネルギー、全てに亘って利点となる。しかし物質の性質は量子力学という不可思議な法則に支配されており、0と1だけで処理をする通常の計算機でこのようなシミュレーションは出来ない。それを可能にする量子計算機が提案されているが、その実現は見通しがたっていない。

2. 研究の目標

量子計算機を実現するには、量子ビットとよばれる特別な情報記憶素子が必要となる。これまで実現されてきたのは「数個の量子ビットを使った計算」であったが、ここでは単なるデモンストレーションではなく、実益をもたらすレベルである「100量子ビットを用いた計算」を実現する。

3. 研究の特色

電子は磁石として働き、その磁石は量子ビットとして機能する。だが地球磁場等の影響で磁石の向きが乱れると、計算は遂行出来ない。しかし核がもつ磁石は、電子の千分の1以下しかなく乱れにくい。原子一つ一つをレーザーの力で制御し、核由来の量子ビットを整然と並べ、量子計算を実現する。

4. 将来的に期待される効果や応用分野

物質の性質は、構造、力によって特徴づけられる。それらを自由に制御できる系があれば、物を作らずとも新規材料の性質を詳らかにできる。未解明な磁性現象、超伝導等の物理を解明する強力な道具にもなる。スーパーコンピューターでも処理できない問題を瞬時にといてしまうことも可能となる。

研究の背景とこれまでの問題点

ノートブック

1秒間に10億回の計算 ($10^9/s$)

スーパーコンピューター

1秒間に100兆回の計算 ($10^{14}/s$)

これだけの能力をもってしても計算出来ない問題がある

① 素因数分解

200桁: スパコン 10年 → 量子計算機: 数分

1万桁: スパコン 1000億年 → 量子計算機: 数時間

② 量子シミュレーション: 物性研究、物質デザイン...

Hubbardモデル 20~30サイトで限界 → 量子計算機: 数秒

量子計算は計算時間を大幅に短縮化できる

しかし現行の研究は、数量量子ビットの演算にとどまる

解決の方法と本研究目的

① 新しい計算手法の導入

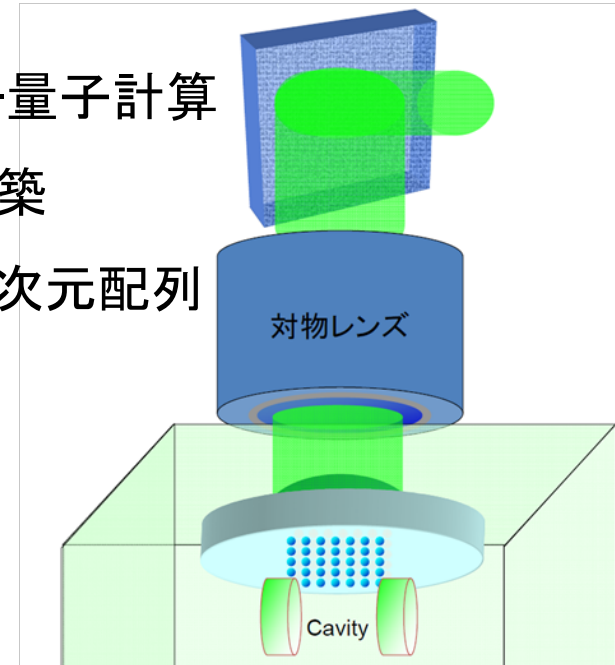
量子ゲートを組み合わせる従来手法 → クラスタ量子計算

② 長いコヒーレンスと高い拡張性をもつ新規な系の構築

核スピン量子ビットをレーザー冷却技術を駆使して2次元配列

③ 世界で我々だけが持つ技術を使った計算を実行

Cavity QEDによる単一核スピンの射影測定



100量子ビットによる量子計算を実現する

世界の研究者の常識が変わる 「出来ない」から「出来る」へ
基礎物性探索、高速度情報処理、そして材料設計に至るまで、
幅広い応用が展開する