研究開発項目

2. 光子ネットワーク型技術

2023年度までの進捗状況

1. 概要

光子量子ビットは他の量子系と比較して格段に高いコヒーレンスを持ち、室温においても全く量子性を失わず、光ファイバーによって長距離伝送できるという優れた特長を持っています。また、線形光学素子によって任意の１量子ビット操作を高いフィデリティで簡単に実現できます。さらに、時間多重により、光子源の数と比較して多くの量子ビットを使うことができます。

光子量子ビットによる量子計算の世界的な研究・開発動向においては、パラメトリック下方変換と光子検出に基づいた方式が主流となっています。しかしこの方式は光子量子ビット源・光子クラスター状態源（図１）等の必須の要素の動作が確率的であるため、有意な規模の実装には膨大なリソースが必要であるという大きな課題を抱えています。これらの要素を決定論的に動作する手法で実現できれば、光子量子ビットによる量子計算の大幅な効率化が可能となります。

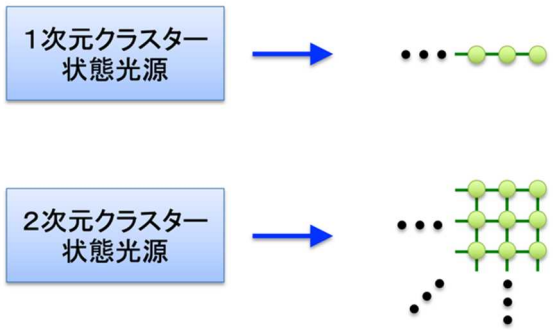

図１：光子クラスター状態源

上述の要素を決定論的に動作させるには光と原子の強い相互作用が必要ですが、これは共振器 QED 系（図２）によって実現できることが理論的に提案されており、近年になって部分的な原理実証実験も報告されています。

しかし、共振器 QED 系に基づいたこれらの要素技術はいまだに光量子コンピュータの実装に実際に導入されてはいません。これは、従来の共振器 QED の実験が自由空間バルク共振器を用いたものであり、ファイバー光学との整合性が悪い上に、極度に複雑で精密な調整・制御が必要なため、損失を低く抑えつつ多数の共振器 QED 系を連結してそれらを同時に使用することが極めて困難なためです。

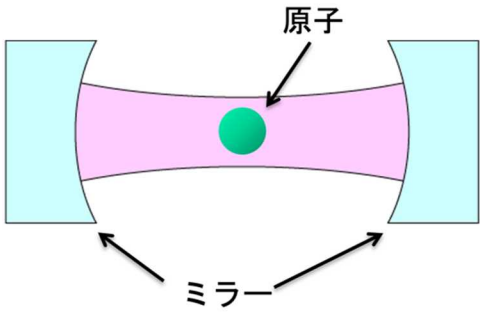

図２：共振器 QED 系

本研究開発テーマでは、NISQ 規模の光子量子コンピュータの実現を目指し、ナノファイバー共振器 QED 技術に基づく光子ネットワーク技術を開発します。

2. これまでの主な成果

光子ネットワーク技術に適したナノファイバー共振器 QED 系を立ち上げました。

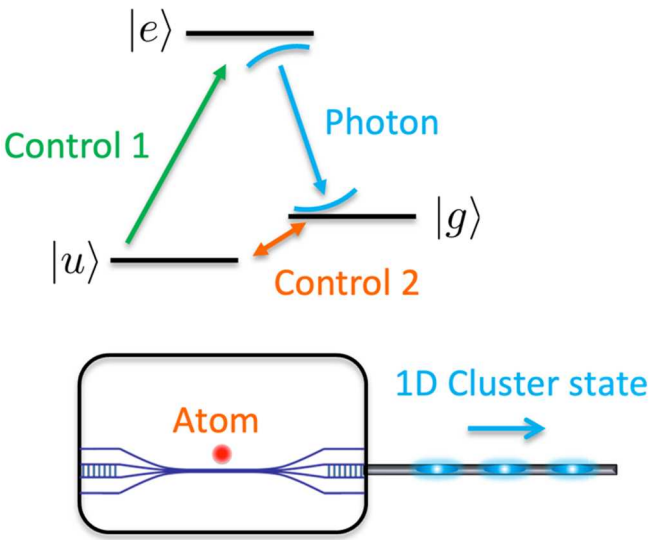

図３：ナノファイバー共振器 QED に基づく１次元光子クラスター状態生成スキーム

また、セシウム原子 D2 線の Λ 型３準位構造を利用した新規なスキームに基づく１次元光子クラスター状態生成技術（図３）の実現に向けた要素技術の開発を進めました。

3. 今後の展開

ナノファイバー共振器 QED 技術に基づく光子ネットワーク技術、特に光子量子ビット生成技術および光子クラスター状態生成技術の研究開発を推進していきます。

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