

量子コンピュータは、従来のコンピュータでは困難な計算が可能になるほか、データベース検索などを驚異的に高速化できると期待されており、現在は基礎研究が進められている段階である。量子コンピュータの実現には光子を用いる方法が有力視されているが、安定性のある量子ゲート素子の実現が大きな課題となっていた。北海道大学電子科学研究所の竹内繁樹助教授を中心とする研究チームは、2005年10月12日、新たに発案した誘電体多層膜ミラーによる部分偏光ビームスプリッタにより、コンパクトで安定性に優れたゲート素子を実現し、動作検証に成功したと発表した。この成果により、複数の光子による量子回路の実現に大きな一歩が踏み出されたこととなり、今後大規模なアルゴリズムでの検証が期待される。

トピックス 5 コンパクトで安定性に優れた光量子コンピュータ用ゲート素子

量子コンピュータは、現在のコンピュータの能力を桁違いに凌ぐ性能、例えば桁数の大きな因数分解による暗号の解読や膨大なデータベース検索などを可能にするものとして期待されており、その実現のための基礎研究が主に、欧、米、豪、日本などで進められている。

特に、光子を用いる量子コンピュータは、次のようなその理由で有利と考えられている。①すでに単一光子を検出する技術が開発されており、また偏光などの状態制御が従来の光学部品で出来る。②量子状態（重ね合わせ状態）の維持が比較的容易である。③現時点での量子ドットなどの量子ゲート素子には極低温が必要であるのに対して、光子を用いた量子ゲートは室温で動作する。④量子通信技術との融合性が高い。

しかし、まだ量子コンピュータを実現するには幾つかの困難な技術課題があり、特に、光子を用いた量子コンピュータは光子の量子相関を生成する量子ゲート操作の実現が困難であることが大きな課題とされてきた。それを解決する方法として、多くの干渉計を結合させる方式が提案されているが、数nm以下の精度で光の経路を一致させるには温度変化や振動の精密な補正が必要であり、回路が複雑になって重ね合わせがより難しくなることが問題であった。

2002年に北海道大学電子科学研究所の竹内繁樹助教授を中心とする研究チームは、従来の経路干渉計を用いない、コンパクトで安定性に優れた光学回路を提案した。2005年10月12日、同研究チームは、新しく部分偏光ビームスプリッタを発案することでかねて提案した光学回路を実現して、量子ゲート素子（制御ノットゲート^①）として動作

検証に成功したと発表した。

量子コンピュータを実現するには、一方の光子の状態、他方の光子の状態を量子的に制御するゲート素子の開発が不可欠である。今回発案された部分偏光ビームスプリッタは、水平偏光か垂直偏光のいずれか一方を完全に反射し、他方を1/3だけ反射（2/3は透過）するという特性を持つように設計されたもので、誘電体の多層膜により作られたミラーである。これを用いたゲート素子は、制御ノットとして、量子重ね合わせ状態にも所望の動作をしていることが確認された。量子相関を作る干渉計に相当する部分を部分偏光ビームスプリッタという1つの部品で実現できたことにより、コンパクトでかつ安定性が飛躍的に向上し拡張性も向上する。今回の発表は、複数の光子に対する量子回路の実現に大きく踏み出したことを意味し、今後、大規模なアルゴリズムの検証を加速すると期待される。

今回の研究発表内容は米国の学術専門誌「Physical Review Letters」に掲載されるが、この研究チームとは独立に、同様な研究がドイツのマックスプランク量子光学研究所およびオーストラリアのクイーンズランド大学によっても進められており、これらの成果も同時期に掲載される予定である。

①制御ノットゲート：重ね合わせ状態にある2つの量子ビットを別の重ね合わせ状態にある量子ビットへと変換するもの。回転ゲートと制御ノットゲートにより、量子計算に必要な任意の回路ができる。

- 参考： 1) 科学技術動向、2002年 1月号、トピックス「量子コンピュータで因数分解、基礎実験に成功」
2) 科学技術動向、2002年 4月号、特集「量子コンピュータの研究開発動向」