

大規模な光量子コンピュータをいかに実現するか

How to Build a Large-Scale Optical Quantum Computer

東大工¹, JST さきがけ², °武田 俊太郎^{1,2}, 古澤 明¹

The Univ. of Tokyo¹, JST PRESTO², °Shuntaro Takeda^{1,2}, Akira Furusawa²

E-mail: takeda@ap.t.u-tokyo.ac.jp

光を用いた量子コンピュータは、室温・大気中で動作可能で、通信にも利用できるという利点から、量子コンピュータの有力候補の1つである。これまで、基本的な量子論理ゲートや量子誤り訂正など、光量子コンピュータの様々な原理実証実験が行われてきた。しかし、光量子ビットの情報処理はしばしば非効率的で、確率的にしか処理が実行できない上に、大規模な計算には大規模な光回路が必要となる。このため、現在でも扱える量子ビット数は10個程度が限界である。

現状を打破する1つのアプローチは、光の粒子性と波動性の両面を活用した「ハイブリッド」な手法である。その要点は、光の粒子である光子に量子ビットの情報を乗せながら、光の振幅・位相という連続的な物理量の測定・操作技術を用いることで、高効率な情報処理を実現することである。我々はこの手法を用いて、従来は確率的にしか実現できなかった光量子ビットの量子テレポーテーションを、世界で初めて決定論的に(確率100%)実現することに成功している[1,2]。

ハイブリッドな手法により、量子ビットの情報処理を高効率に進められる反面、計算量と共に光回路の規模が増大するという問題は残っている。近年、我々はこの問題を解決する図1のループ型光回路を用いた量子コンピュータ方式を提案した[3]。これは、1本の光路を流れる光パルス列に量子情報をコードし、ループ内でスイッチ、ビームスプリッタの透過率、位相シフタ、アンプのゲインを時々刻々と変化させて順次計算を実行していくものである。ループ内で光パルスを周回させ続ければ、どれほど大規模な計算でも図1の必要最小限の光回路だけで実行できる。この光回路は、我々がこれまで開発してきた技術で実現に手が届きそうな範囲にあり、大規模光量子コンピュータ実現へ向けた新たな突破口として、今後その動作原理の実証を目指している。

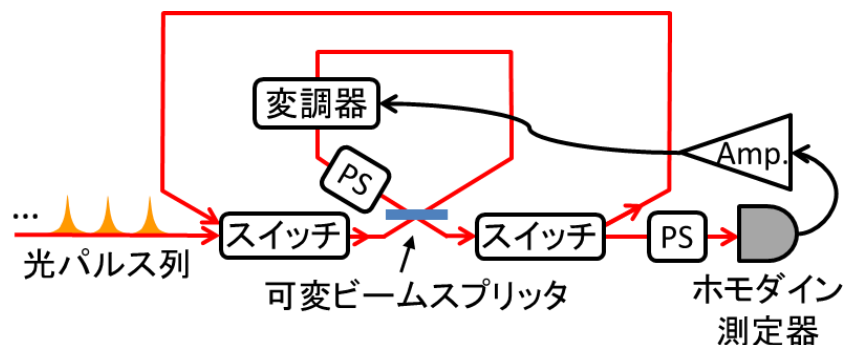


図1 ループ型光回路を用いた大規模光量子コンピュータ実現方法[3]。PS：位相シフタ。

[1] S. Takeda *et al.*, Nature **500**, 315 (2013).

[2] S. Takeda *et al.*, Physical Review Letters **114**, 100501 (2015).

[3] S. Takeda and A. Furusawa, Physical Review Letters **119**, 120504 (2017).