

雑音のある reciprocal 通信路を介したエンタングルメント配送実験 Experimental demonstration of entanglement distribution over noisy reciprocal channels

○ 生田 力三¹、野崎 正太¹、山本 俊¹、小芦 雅斗²、井元 信之¹(1. 阪大基礎工、2. 東大工)

○ Rikizo Ikuta¹, Shota Nozaki¹, Takashi Yamamoto¹, Masato Koashi², Nobuyuki Imoto¹

(1. Osaka Univ., 2. Univ. of Tokyo)

E-mail: ikuta@mp.es.osaka-u.ac.jp

偏光エンタングルメント配送において、通信路の雑音の影響を排除し、忠実に量子状態を保護することは重要な課題である。解決策のひとつとして、複数光子によって構成される DFS(Decoherence-free subspace) に 1 光子の量子情報を符号化することにより集団雑音に対して耐性を持たせる方法が知られている。この方法では DFS を構成する光子全てが受信者に届く必要があるため、通信路の透過率に対する配送効率が著しく低下する。特に、回転を含む集団ユニタリ雑音に対する DFS には 4 光子必要であり、この問題は深刻である。文献 [1] において、量子通信路を 2 つ用いることを許容すれば、位相雑音に対する 2 光子 DFS によって一般の集団雑音下でも忠実に光子配送できることが理論的に示された。さらに、この 2 光子 DFS のための補助光子を信号受信者が準備することとし、受信者から送信者に向けて逆伝搬させたコヒーレント光から 1 光子を抽出するアイデア [2] を組み合わせることにより、通信路の透過率に比例する効率で一般の集団雑音下で忠実にエンタングルメント配送を行う方式が近年提案された [3]。この方式は、光通信路がヘルムホルツの相反性 (reciprocity) を満たす限り有効であるため、一般的な光ファイバー量子通信において有用であると考えられ、量子鍵配送や分散型量子計算など様々な応用に役立つことが期待できる。今回我々は、本方式の実証実験を行った。

実験では、まず送信者が最大エンタングル状態との忠実度 0.97 の光子対 AB を準備した。このうち光子 B を、水平偏光と垂直偏光に分け depolarizing channel を模擬した 2 つの量子通信路を用いて受信者に送信する。一方、受信者は同じ量子通信路を用いて微弱コヒーレント光 R を送信者に向けて送る。その後、送信者が A と R に量子パリティ操作を行うことにより 2 光子 DFS の抽出および復号を行い、送信者の手元にある 1 光子と受信者側に届けられた光子 B に対して量子状態トモグラフィを行った。その結果、忠実度 0.89 が得られ、確かに高いエンタングルメントが共有されたことを確認した。次に、2 つの通信路の透過率をどちらも 1/2 倍にし、受信者が準備するコヒーレント光 R の強度を 2 倍にして同様の実験を行った。その結果、送受信者間で 2 光子が共有される効率は 0.5 倍となり通信路の透過率に比例していること、および得られた忠実度が 0.85 であり依然として高い値を保持していることを確認した。

[1] T. Yamamoto, J. Shimamura, Ş. K. Özdemir, M. Koashi, and N. Imoto, PRL **95**, 040503 (2005).

[2] R. Ikuta, Y. Ono, T. Tashima, T. Yamamoto, M. Koashi, and N. Imoto, PRL **106**, 110503 (2011).

[3] H. Kumagai, T. Yamamoto, M. Koashi, and N. Imoto, PRA **87**, 052325 (2013).