

## 2モードスクイズド状態による量子通信路容量の特性

佐藤 恵一\* (名工大), 服部 誠司, 石田 雄樹 (愛県大),  
臼田 毅 (愛県大, CREST), 内匠 逸 (名工大)

Property of capacity of a quantum channel assisted by two-mode squeezed states  
Keiichi Sato(Nagoya Inst. of Tech.), Seiji Hattori, Yuki Ishida(Aichi Pref. Univ.),  
Tsuyoshi Sasaki Usuda(Aichi Pref. Univ., CREST), Ichi Takumi(Nagoya Inst. of Tech.)

### 1 はじめに

量子情報理論において、エンタングルメントを用いた古典情報伝送における量子通信路容量の導出が重要な課題となっている。文献 [1] では、エネルギー拘束条件の下、2モードスクイズド状態を利用した通信路容量の公式が示されている。

本稿では、2モードスクイズド状態を用いた場合の量子通信路容量と、他の量子通信路容量との比較を行う。また、熱雑音光子数  $N_c$  を変化させたときの量子通信路容量の特性についても考察する。

### 2 古典情報伝送と通信路容量

#### 2.1 エンタングルメントを利用した古典情報伝送

- まず送信前に、送受信者 A, B はエンタングルメント状態  $\hat{\rho}$  を共有する。
- 送信者 A は自分が持っている  $\hat{\rho}$  に対して、送りたい古典情報  $i$  に対応するエンコード処理  $\varepsilon_i^{(A)}$  を行う。
- 送信者 A はエンコード処理を行った後の手元の状態  $\hat{\rho}_i$  を受信者 B へ量子通信路  $\Phi$  を通して送る。結果、B の手元に  $\hat{\rho}_i$  が得られる。
- 受信者 B は  $\hat{\rho}_i$  に対し量子一括測定を行い、古典情報  $j$  を得る。

#### 2.2 量子通信路容量

与えられた通信路  $\Phi$  に対し、エンタングルメントを利用した量子通信路容量は以下の式となる。

$$C_{ea}(\Phi) = \max_{\hat{\rho}^{(A)}} \{S(\hat{\rho}^{(A)}) + S(\Phi[\hat{\rho}^{(A)}]) - S(\hat{\rho}^{(A)}; \Phi)\} \quad (1)$$

ここで  $S(\hat{\rho})$  は、フォン・ノイマンエントロピーである。

### 3 通信路容量の比較

平均光子数  $N_{tr}$  の制約の下で、量子状態を制御して得られる2モードスクイズド状態を利用したときの量子通信路容量  $C_{sq}[1]$  を計算する。

本稿では、 $C_{sq}$  と、エンタングルメントを利用しない場合 ( $C_{ua}$ )、エンタングルメントを利用した場合 ( $C_{ea}$ )、直交エンタングルメント状態を利用した場合 ( $C_{Bell}^{(1)}$ ) [2] の量子通信路容量との比較を行う。

熱雑音とエネルギー減衰の無い状態で4種の通信路容量を計算した結果が Fig.1 である。図より、 $C_{ea} > C_{Bell}^{(1)} > C_{sq} > C_{ua}$  となり、エンタングルメントを利用することにより、通信路容量が増すことが分かる。

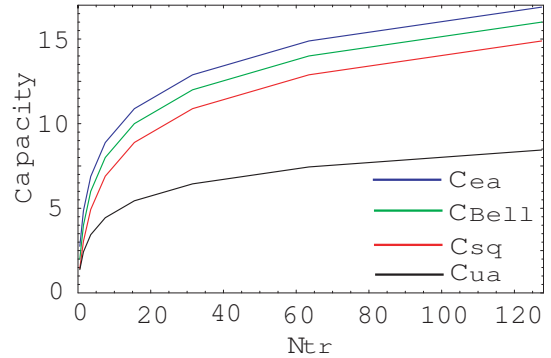


Fig.1. Comparison of  $C_{ea}$ ,  $C_{Bell}^{(1)}$ ,  $C_{sq}$  and  $C_{ua}$

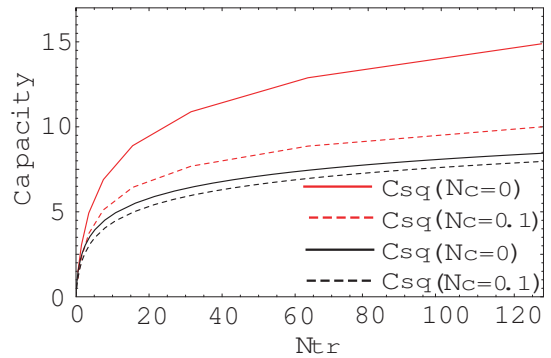


Fig.2. Comparison of  $C_{sq}$  with  $C_{ua}$  ( $N_c = 0, 0.1$ )

また、Fig.1 の  $C_{sq}$  と  $C_{ua}$  について、熱雑音光子数  $N_c$  を 0.1 として計算した結果が Fig.2 である。図より、 $C_{sq}$  の方が熱雑音の影響を受けやすいことが分かる。

### 4 まとめ

2モードスクイズド状態を利用した場合の量子通信路容量の特性について考察した。結果から、 $C_{sq}$  は  $C_{ua}$  よりは値が高いが、 $C_{ea}$  や  $C_{Bell}^{(1)}$  よりは低いことが分かった。また、 $C_{ua}$  と比べて熱雑音の影響を受けやすいことも分かった。発表ではエネルギー減衰についても考え、さまざまな特性比較を行う。

謝辞: 本研究の一部は、総務省の「戦略的情報通信研究開発推進制度」による研究成果であり、文科省科研費若手研究 (B) 課題番号 15760271 の助成を受けた。

### 文献

- [1] M. Sohma and O. Hirota, Phys. Rev. **A68**, 022303, (2003).
- [2] 服部, 水野, 臼田, SITA2004, pp.367-370, (2004).