

非ガウス型状態を用いたガウス分布に従う変位量の推定

Estimation of Gaussian random displacement using non-Gaussian states

東大工¹, 理研² ○花村文哉¹, アサバナントワリット¹, 福井浩介¹, 紺野俊矢¹, 古澤明^{1,2}

Univ. of Tokyo¹, RIKEN RQC² ○Fumiya Hanamura¹, Warit Asavanant¹,

Kosuke Fukui¹, Shunya Konno¹, and Akira Furusawa^{1,2}

E-mail: fhanamura@alice.t.u-tokyo.ac.jp

光連続量量子計算は、光の直交位相振幅を用いた量子計算であり、大規模化が容易であることから有力視されている。その実現には、ガウス型のノイズに対する量子誤り訂正が必要不可欠であるが、そのためには実験的に生成が難しい非ガウス型状態が必要であることが知られている[1]。

ガウス型ノイズの量子誤り訂正を単純化した問題として、Fig. 1 のような変位推定問題を考える。既知の1モードの入力状態 $\hat{\rho}$ に対して、変位操作 $\hat{D}(\xi, \eta)$ が加わったとする。その状態に対して、POVM $\{\hat{E}_y\}$ により記述される測定を行い、測定結果 y を得る。事前情報として、 ξ, η が等方的なガウス分布に従うことを知っているとし、この過程をシングルショットで行うとき、どれくらいの精度で ξ, η の推定を行うことが出来るかを考える。変位推定問題は量子推定理論における古典的な問題であり、特に事前分布がない場合や一般論については多くの研究([2,3]等)がなされている。しかし一方で、実用上重要な、ガウス型ノイズに対応するガウス型の事前分布を仮定し、実験的に生成が可能な具体的な非ガウス型状態を用いた場合については、未だ十分研究されていない。

我々は、推定精度の評価指標として測定結果 y を固定したときの事後分布の分散 $v' = \langle \xi^2 + \eta^2 \rangle_{p(\xi, \eta|y)}$ を用い、ガウス型状態とガウス型測定のみを用いたときは推定精度に限界があることを示した。また、具体的な測定として片方のポートに非ガウス状態を入力するデュアルホモダインによるセットアップを考え、実験的に生成が容易な単一光子状態などの初等的な非ガウス型状態を用いても、この限界を破ることが可能であると示した(Fig. 2)[4]。

本講演では、ガウス型限界の具体的な導出と、非ガウス型状態に対する解析について、詳細に説明し、さらに量子誤り訂正との関連についても議論する。

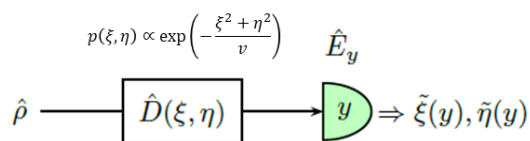


Fig. 1. A schematic representation of Gaussian random displacement estimation problem. One estimates the values of ξ, η from the measurement outcome y .

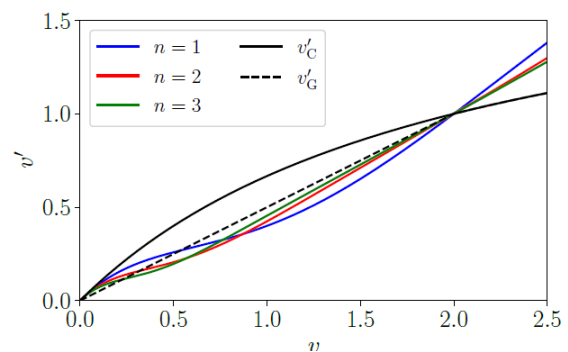


Fig. 2. The relation between the prior variance v and the posterior variance v' , when Fock states $|n\rangle$ are used. v'_C and v'_G are the classical and Gaussian limits, respectively.

- [1] J. Niset *et al.*, PRL **102**, 120501 (2009). [2] K. Duivenvoorden, *et al.*, PRA, **95**, 012305 (2017). [3] M. Tsang, PRA **102**, 062217 (2020). [4] F. Hanamura *et al.*, arXiv:2102.05276 (2021).