混合状態に対する１パラメータ連続適応量子状態推定

One parameter sequential adaptive quantum state estimation for mixed states

京大院工 [1]，阪大院理 [2]　○井上 真奈人 [1]，野原 紗季 [1]，岡本 亮 [1]，藤原 彰夫 [2]，竹内 繁樹 [1]

Kyoto Univ. [1], Osaka Univ. [2], ○Manato Inoue[1], Saki Nohara[1], Ryo Okamoto[1],

Akio Fujiwara[2], Shigeki Takeuchi[1]

E-mail: takeuchi@kuee.kyoto-u.ac.jp

量子計算、量子暗号通信や量子計測といった量子技術にとって，与えられたサンプルに対してその量子状態をできるだけ高い精度で推定することは重要である．しかし，最も精度の高い測定は，測定対象の状態そのものに依存するという問題がある．この問題に対して，個々の量子の測定結果に応じて，毎回測定基底を最適化する適応量子状態推定が提唱され[1]，その最適性が数学的に証明された[2]．我々はこれまでに，固定された入力状態に対して光子を用いた 1 パラメータ[3]および 3 パラメータ[4]の適応量子状態推定の実証，さらに最近，時間的に変化する量子状態を適応的に推定する連続適応量子状態推定を提案し，1 パラメータの推定に関し実証した[5]．しかし，この実験で用いた推定アルゴリズムは，推定対象が純粋状態に限られており，単一発光体から発生する光子などに予想される混合状態については適用できない．そこで今回，既知の純粋度の入力に対して適用可能な，1 パラメータ連続適応量子状態推定を実現，検証したので報告する．

図 1 に用いた実験系を示す．状態準備部では，波長 780 nm の CW レーザー光をコヒーレンス時間内（$< 1\mu s$）の平均光子数が 10^{-2} 個以下と十分減光させた光を疑似単一光子源として利用し，波長板と偏光解消板（QD）により任意の純粋度と偏光角度の状態を準備した．測定部では，光子検出器 D0 または D1 のどちらで光子が検出されたかの検出結果に基づき，尤度関数を計算し，最適な測定基底となるように液晶リターダ（LCR）と 1/2 波長板（HWP4）を制御した．このとき，尤度関数は与えられた純粋度に応じて準備されたものを用いた．純粋度が 0.8 の状態に対して実験を行い，入力状態の変化に追随して推定値が変化し，またその分散も，入力状態の純粋度に対応するクラメールラオ限界に一致することを確認した．講演では，その他の純粋度の状態に対する実験結果についても発表する予定である．

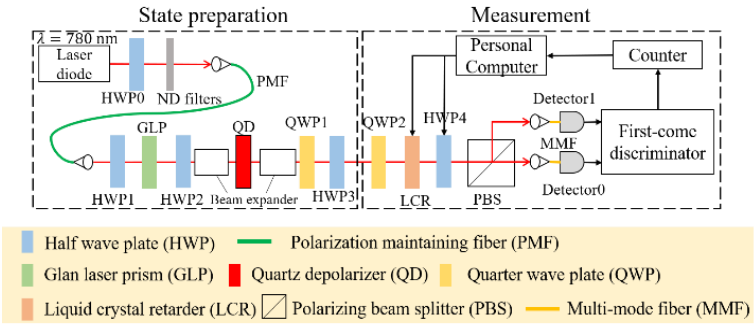

Fig.1 Experimental Setup.

本研究の一部は，科研費（21H04444, 26220712），JST–CREST（JPMJCR1674），ならびに MEXT Q–LEAP（JPMXS0118067634）の支援を受けて行われた．

[1] H. Nagaoka, Proc. Int. Symp. on Inform. Theory 198 (1998). [2] A. Fujiwara, J. Phys. A: Math. Gen. **39** 12489 (2006). [3] R. Okamoto, et al., Phys. Rev. Lett. **109** 130404 (2012). [4] R. Okamoto, et al., Phys. Rev. A **96** 022124 (2017). [5] S. Nohara, et al., Phys. Rev. A **102** 030401(R) (2020).

© 2021年 応用物理学会