

2023 年度年次報告書
物質と情報の量子協奏
2022 年度採択研究代表者

遠藤 護

東京大学 大学院工学系研究科
講師

光周波数コムによるマルチコア光量子コンピュータプラットフォーム

研究成果の概要

誤り耐性型光量子コンピュータのボトルネックである非ガウス型量子状態の生成に注力しました。特に重要とされる Gottesman-Kitaev-Preskill (GKP) 量子ビット生成の原理検証実験を光の系で初めて成功させました[1]。この実験を拡張することで誤り訂正に利用できる GKP 量子ビット生成が可能になりますが、そのためには光子数識別器を用いた多光子検出の技術が不可欠です。提案者らは本さがけ研究において 2022 年度に超伝導転移端センサ (TES) を用い、通信波長帯において初めてスクイーズド光から最大 3 光子を引去ることに成功しています。2023 年度にはロスの低減や実験系の自動化などを行い、4 光子引去りまで成功しました。これは 10 年以上破られていなかった 3 光子検出の記録を更新する歴史的な成果であり、2024 年 6 月に行われる国際学会 Optica Quantum2.0 にて発表が決定し、論文も執筆中です。

しかし、TES の応答速度の問題から生成レートの向上が難しく、より多光子検出が必要な実験では測定時間がかかりすぎるという課題があります。そこで、提案者らが以前開発した超伝導ナノストリップ型光子検出器 (SNSPD) 型光子数識別器を非ガウス型量子状態の生成に適用しました。SNSPD は TES ほど多光子検出には向いていないものの、1000 倍程度高速に動作するため、生成レートを 1000 倍に向上させることができます。しかし SNSPD 型光子数識別器ではナノ秒スケール以下の微小な信号変化を読み取る必要があるため、非ガウス型量子状態のようにリアルタイムでの識別が必要な用途には不向きでした。そこで SNSPD の信号を超短パルスレーザーによって光サンプリングする手法を提案しました。この手法はパルス幅程度の時間分解能を容易に実現でき、既存の実験系に僅かな部品を追加するだけで実現できます。この手法を用い、SNSPD 型光子数識別器によってスクイーズド光から最大二光子を引去ることに成功しました。この成果はプレプリントとして公開され、現在査読中です[2]。

【代表的な原著論文情報】

- 1) S. Konno, W. Asavanant, F. Hanamura, H. Nagayoshi, K. Fukui, A. Sakaguchi, R. Ide, F. China, M. Yabuno, S. Miki, H. Terai, K. Takase, M. Endo, P. Marek, R. Filip, P. van Loock, and A. Furusawa, "Logical states for fault-tolerant quantum computation with propagating light," Science 383, 6680 (2024)
- 2) M. Endo, K. Takahashi, T. Nomura, T. Sonoyama, M. Yabuno, S. Miki, H. Terai, T. Kashiwazaki, A. Inoue, T. Umeki, R. Nehra, K. Takase, W. Asavanant, and A. Furusawa, "Optically-Sampled Superconducting-Nanostrip Photon-Number Resolving Detector for Non-Classical Quantum State Generation," arXiv:2405.06901 [quant-ph]