

## 超伝導 Kerr パラメトリック発信器での猫状態のエンタングルメント

### Entangling Cat Qubit in Superconducting Kerr Parametric Oscillator

Daisuke Hoshi<sup>1,2</sup>, Toshiaki Nagase<sup>1,2</sup>, Sangil Kwon<sup>3</sup>, Daisuke Iyama<sup>1,2</sup>, Takahiko Kamiya<sup>1,2</sup>, Shiori Fujii<sup>1,2</sup>, Hiroto Mukai<sup>2,3</sup>, Shahnawaz Ahmed<sup>4</sup>, Anton Frisk Kockum<sup>4</sup>, Shohei Watabe<sup>3,5</sup>,  
Fumiki Yoshihara<sup>1,3</sup>, and Jaw-Shen Tsai<sup>2,3,6</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physics, Tokyo Univ. of Science, 1-3 Kagurazaka, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8601, Japan

<sup>2</sup>RIKEN Center for Quantum Computing (RQC), Wako-shi, Saitama 351-0198, Japan

<sup>3</sup>RIST, Tokyo Univ. of Science, 1-3 Kagurazaka, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8601, Japan

<sup>4</sup>Dept. of Microtechnology and Nanoscience, Chalmers Univ. of Tech., 412 96 Gothenburg, Sweden

<sup>5</sup>College of Engineering, Shibaura Inst. of Technology, 3-7-5 Toyosu, Koto-ku, Tokyo 135-8548, Japan

<sup>6</sup>Grad. School of Science, Tokyo Univ. of Science, 1-3 Kagurazaka, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8601,  
Japan

E-mail: tsai@riken.jp

量子情報処理では、離散変数(DV)に基づく研究と、連続変数(CV)空間における量子状態の構造に基づく研究の2つの主要な方向がある。これら2つのアプローチを統合することで、それぞれの固有の制限を克服し、新たな可能性を見出すことができる。ここでは、このようなDV-CVハイブリッドアプローチを超伝導カーパラメトリック発振器(KPO)に適用することで、2つの簡単な方法でシュレーディンガーの猫状態のペアをエンタングルさせることができることを示す。最初の方法は、フォック状態基底のベル状態 (DV 符号化) とキャット状態基底のベル状態 (CV 符号化) との間のエンタングルメント保持および決定論的変換を含む。この方法により、もともとフォック状態ベース用に開発された従来のスキームを使用して、キャット状態ベースで量子ネットワークを構築できる。2番目の方法では、iSWAP ゲート操作をフォック状態エンコードに使用される手順に従って2つの猫状態間で実装する。CVエンコーディングでのこのDVのようなゲート操作は、KPOシステムにおけるユニバーサル量子ゲートセットのデモンストレーションである。ボゾンモードでのこれまで実現されたSWAPゲートと比較して、本ゲートはより高速で単純なゲート操作になっている。

Nature Communications | (2024) 15:86

Nature Communications | (2025) to be published