

## 超伝導量子ビット集団とマイクロ波キャビティのコヒーレントな結合 Coherent coupling between a microwave cavity and ensemble of superconducting qubits

NTT 物性基礎研<sup>1</sup>, 理化学研究所<sup>2</sup>, 情報通信研究機構<sup>3</sup>

○ 松崎 雄一郎<sup>1</sup>, 角柳 孝輔<sup>1</sup>, コランタン デプレ<sup>1</sup>, ネイル ランバート<sup>2</sup>, 石田 夏子<sup>2</sup>, 樋田 啓<sup>1</sup>,  
仙場 浩一<sup>3</sup>, ウィリアム ムンロ<sup>1</sup>, 山口 浩司<sup>1</sup>, 齊藤 志郎<sup>1</sup>

NTT BRL<sup>1</sup>, Riken<sup>2</sup>, NICT<sup>3</sup>

○, Y. Matsuzaki<sup>1</sup>, K. Kakuyanagi<sup>1</sup>, C. Déprez<sup>1</sup>, N. Lambert<sup>2</sup>, N. Ishida<sup>2</sup>, H. Toida<sup>1</sup>, K. Semba<sup>3</sup>,  
W. J. Munro<sup>1</sup>, H. Yamaguchi<sup>1</sup>, and S. Shiro<sup>1</sup>

E-mail: matsuzaki.yuichiro@lab.ntt.co.jp

超伝導磁束量子ビットの集団とマイクロ波キャビティの結合系は、量子コンピュータのみならず、高感度センサや量子メタマテリアル、量子相転移などを実現するための有力な素子である [1]。超伝導磁束量子ビットは均一に作製することが難しいため、超伝導磁束量子ビットの集団は数 GHz 程度の不均一幅を持つ。しかしながら、この結合系では超放射の原理により実効的な結合定数を  $\sqrt{N}$  倍 ( $N$  は超伝導磁束量子ビットの数) に増強できるため、不均一広がりの影響を抑えてコヒーレントな結合を観測することができる点が大きな特徴である。

我々は、4500 個の超伝導磁束量子ビットを作成し、この量子ビット集団がマイクロ波キャビティにコヒーレントに結合していることを示す実験結果を得た。具体的には印加磁場を変えながらマイクロ波キャビティの分光測定を行うことで、共振周波数が数十 MHz から数百 MHz 程度まで shift することを確認した。この結果は、集合的に結合している 4500 個の超伝導磁束量子ビットのために、マイクロ波キャビティの共振周波数が dispersive shift を起こしていると解釈できる。さらに分光測定の温度依存性を測ることで、温度を上昇させるにつれてマイクロ波キャビティの dispersive shift が小さくなることを確認した。これは、熱エネルギーのために超伝導磁束量子ビットの偏極率が低くなり、実効的な結合定数を弱めていることに起因する。我々はさらに、これらの実験結果を理論モデルにより定量的に再現することに成功した。

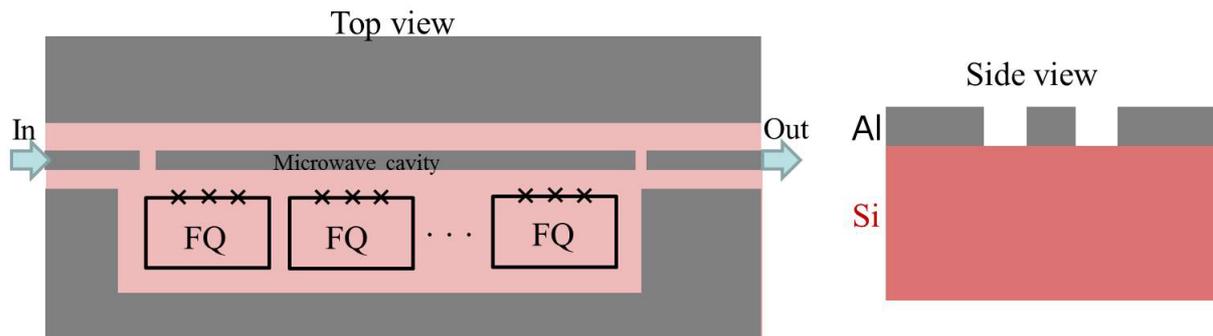


図 1: 我々の実験の概念図。4500 個の超伝導磁束量子ビットが結合したマイクロ波キャビティに対して分光測定を行う。超伝導磁束量子ビットに対する個別操作を要求せずにマイクロ波の透過測定、磁場の印加、温度の調整というグローバルな操作のみで実験が行える点が大きな特徴である。

## 参考文献

[1] Y. Macha, *et al.*, Nature Communications **5**, 6146 (2014).