

# 平成26年度(基盤研究(S))研究概要(採択時)

## 【基盤研究(S)】

理工系(総合理工)



### 研究課題名 対称性の破れを伴う固体中の集団励起モードを用いた量子ハイブリッドシステム

東京大学・先端科学技術研究センター・教授

なかむら やすのぶ  
中村 泰信

研究課題番号: 26220601 研究者番号: 90524083

研究分野: ナノ構造物理

キーワード: 量子情報

#### 【研究の背景・目的】

対称性の破れに伴って生じる固体中の巨視的集団励起モードを、単一量子レベルでコヒーレントに制御する手法の確立を目指す。超伝導・強磁性・結晶秩序などは自発的対称性の破れの典型例である。申請者がこれまでに確立してきた超伝導回路上の量子状態制御技術をツールとして、異種量子系の量子状態制御を実現する量子ハイブリッド系を構築する。強磁性体中の集団スピン励起であるマグノンモードや、ナノメカニカル素子の集団原子運動であるフォノンモードなどの量子状態を操作し、スクイーズド状態・粒子数(Fock)状態・量子もつれ状態など非古典的状态を自在に生成し観測する手法を開発する。

#### 【研究の方法】

様々な固体中の巨視的集団励起モードからなる量子ハイブリッド系を構築する。超伝導量子回路と異種量子系の間でコヒーレント制御を行い、またマイクロ波のみならず光とのコヒーレントな相互作用も可能にするために、本研究では以下の研究項目を計画している。

1. 超伝導量子回路におけるマイクロ波非古典量子状態の生成と観測
2. 強磁性体単結晶中の単一マグノン量子状態制御
3. オプトエレクトロナノメカニクスにおける機械振動子の基底状態実現と単一フォノン量子状態制御

図1に計画全体の概念図を示す。項目2、3に関してはマイクロ波と光の両面からのアプローチを行う。電磁波の自由度を介して異なる量子系の間でコヒーレントに量子情報を受け渡すための方法を確立する。

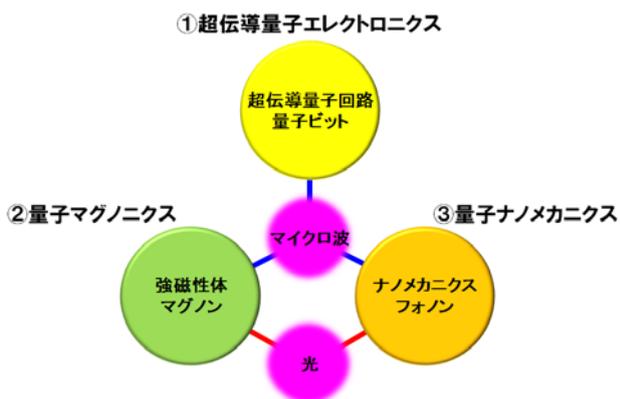


図1 量子ハイブリッド系の概念図

#### 【期待される成果と意義】

量子状態制御の概念を微視的自由度から巨視的な集団励起モードの自由度に拡張し、量子力学あるいは量子工学の適用範囲を拡大する。巨視的な系で量子力学的効果を発現させ観測することは、量子力学の誕生以来大きな関心のもとにある。量子と古典の世界の境界にアプローチする研究であるとも言え、量子状態が環境との相互作用との結果どのようにコヒーレンスを失っていくかということの研究する。

集団励起モードは、空間的に巨視的な広がりを持つため、電磁波との強い相互作用を実現することが可能である。微視的な系では到達が困難であるような強度で、マイクロ波や光とコヒーレントな相互作用をすることが可能であり、そこに新しい物理を見出すチャンスがある。実際、超伝導量子回路上では、人工原子としての超伝導量子ビットとマイクロ波光子の間で多くの効果が見られている。

超伝導回路中の自由度をエネルギーの高い光とコヒーレントに直接相互作用させることは困難であるが、強磁性体マグノンや結晶中のフォノンの自由度はマイクロ波とも光とも相互作用し、両者間で量子状態の受け渡しをすることも可能にする。量子ハイブリッド系のひとつの応用として、量子インターフェースの実現が期待され、量子情報ネットワークなどへの応用が待たれる。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・“Breakthroughs in microwave quantum photonics in superconducting circuits,” Y. Nakamura and T. Yamamoto, *IEEE Photonics Journal* **5**, 0701406-1-6 (2013).
- ・“Quantum Computing,” T. D. Ladd, F. Jelezko, R. Laflamme, Y. Nakamura, C. Monroe, and J. L. O’Brien, *Nature* **464**, 45-53 (2010).
- ・“Coherent control of macroscopic quantum states in a single-Cooper-pair box,” Y. Nakamura, Yu. A. Pashkin, and J. S. Tsai, *Nature* **398**, 786-788 (1999).

#### 【研究期間と研究経費】

平成26年度-30年度  
150,100千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.qc.rcast.u-tokyo.ac.jp>  
[info@qc.rcast.u-tokyo.ac.jp](mailto:info@qc.rcast.u-tokyo.ac.jp)