

## 量子計算機・量子情報ネットワークの実現に向けて 固体中の集団励起モードを単一量子レベルで制御する

Manipulate single quanta of collective excitations in solids  
towards realizations of quantum computers and quantum information networks

### 【ミリメートルの世界の量子力学を制御する

量子力学は現代物理学の最も基本的な理論のひとつで、ミクロの世界からマクロの世界まであらゆる領域で成り立っていると考えられています。その一方で、私たちの日常生活において、量子力学の基本原則である状態の重ね合わせを目にすることはありません。しかしながら、近年、きちんと制御された物理系を用意すれば、原子のようなミクロな世界だけではなく、ミリメートルサイズの素子においても量子重ね合わせ状態を実現することが可能であることが示され、それをういた新しい情報処理技術への期待が高まっています。私たちは超伝導回路中の電氣的励起、強磁性体中のスピン励起、結晶中のフォノン励起などを対象として、固体中の集団励起モードの量子状態制御と量子情報科学への応用を目指した研究を行っています。

### 【光とマイクロ波の信号の間で量子状態を受け渡す

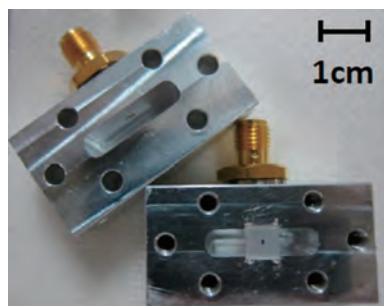
超伝導回路上で実現する超伝導量子ビットは、極低温環境下でマイクロ波の光子と相互作用しながら情報処理を行います。一方、遠距離間の量子情報伝送に用いられる光ファイバー通信では、赤外線光子が用いられます。マイクロ波と赤外線では一光子あたりのエネルギーが4桁も異なるため、その間で量子状態を受け渡すことは容易ではありません。私たちは、上で述べたような固体中の集団励起の量子を媒介として両者を結ぶインターフェイスを実現し、量子情報ネットワークを構築するとともに、量子計算機へ向けた回路技術確立し、量子情報科学の枠組みを広げることを目指しています

### 【Controlling quantum dynamics in the millimeter world

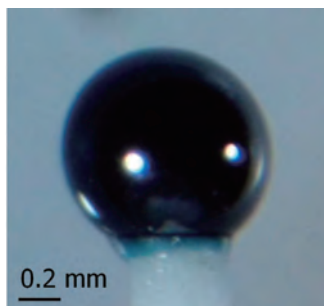
Quantum mechanics is one of the most fundamental theories in the modern physics and is believed to describe everything from microscopic to macroscopic. On the other hand, we never experience superposition of states, a basic principle in quantum mechanics, in our daily life. However, it has recently been demonstrated that quantum superposition states can be realized not only in microscopic objects such as atoms but also in millimeter-scale devices if they are properly prepared, which has stimulated the ideas for novel information processing technologies. Our research focuses on quantum control of collective excitation modes in solids, such as electromagnetic excitation in superconducting circuits, spin excitation in ferromagnets, and phonon excitation in crystals. We also aim at its applications to quantum information science.

### 【Transfer quantum states between optical and microwave signals

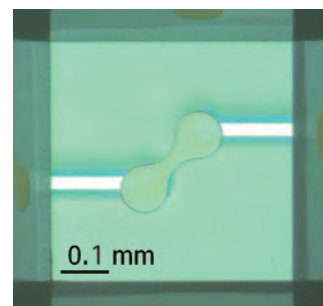
Superconducting quantum bits realized in superconducting circuits process information while interacting with microwave photons. On the other hand, optical fiber communications for remote quantum information transfer exploit infrared photons. Energies of microwave and infrared photons differ from each other by four-orders of magnitude, which makes interfacing quantum information challenging. Our research targets are to develop technologies for the goal as well as for quantum computing based on collective excitations in solids. With that, we hope to extend the framework of quantum information science.



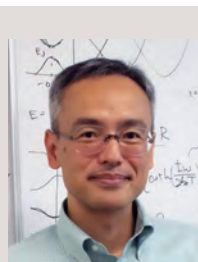
1 超伝導空洞共振器と超伝導量子ビット素子  
Superconducting quantum bit inside a superconducting cavity



2 単一マグノン制御のための強磁性体単結晶球  
Ferromagnetic single-crystalline sphere for single magnon manipulation



3 単一フォノン制御のための薄膜振動素子  
Oscillating membrane device for single phonon manipulation



教授  
**中村 泰信**  
Yasunobu NAKAMURA, Professor  
専門分野：量子情報科学、物性科学、超伝導  
Specialized field : Quantum information science, Condensed matter physics, Superconductivity  
E-mail : yasunobu@qc.rcast.u-tokyo.ac.jp



准教授  
**宇佐見 康二**  
Koji USAMI, Associate Professor  
専門分野：量子光学  
Specialized field : Quantum optics  
E-mail : usami@qc.rcast.u-tokyo.ac.jp

山崎 歴舟 特任講師  
Rekishu YAMAZAKI  
Project Lecturer

田淵 豊 助教  
Yutaka TABUCHI  
Research Associate

野口 篤史 特任助教  
Atsushi NOGUCHI  
Project Research Associate