

# 【新学術領域研究（研究領域提案型）】 理工系



## 研究領域名 ハイブリッド量子科学

東北大学・大学院理学研究科・教授 ひらやま よしろう  
平山 祥郎

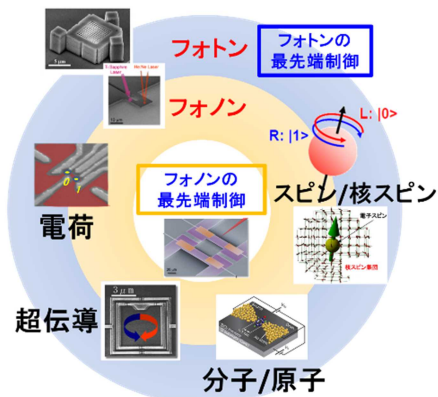
研究課題番号：15H05866 研究者番号：20393754

### 【本領域の目的】

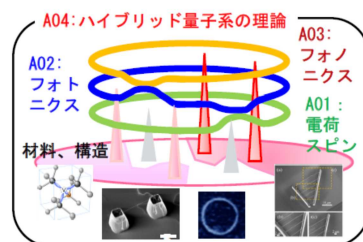
量子構造における電荷、スピンなどの物理量の量子コヒーレント操作を、大規模な量子計算の方向ではなく、Quantum Enabled Technology (QET、量子コヒーレンスの制御によって可能となる科学技術)の実現に結び付けていこうとするのが本領域である。QET の中でも特に着目されている高感度計測の場合、小規模な量子結合であっても、エンタングルメントによる感度の向上が期待できる。QET の実現には、様々な物理量の小規模な量子トランスデューサ機能が必須となる。重要性が昔から指摘されている光子に加えて、最近発展が著しいフォノンの重要性にも着目し、電荷、クーパー対、スピン、核スピン、フォトン、フォノンなど異なる物理量の小規模な量子結合を確立する。

### 【本領域の内容】

ハイブリッド量子系の基礎と QET を追究する本領域において、研究項目 A01 では、電荷（クーパー対を含む）、スピン、核スピンの量子的な結合の制御と、これらのフォトン、フォノンとの結合を実現する。具体的には、スピンや核スピンのハイブリッド系に着目し、スピンを用いた高感度計測や核スピンの高スピン状態を利用した感度増強の可能性を検討する。さらに、電荷、スピンのフォトン、フォノンによるコヒーレント制御を進める。A02 では光子の高度な制御技術確立し、フォトンと他の物理量の量子的な結合を目指す。マイクロ波からテラヘルツ、光学帯までのフォトンクスにおいて、電磁波と物質のコヒーレントな相互作用を解明する。A03 ではフォノンの高度な制御技術の確立とフォノンと他の物理量の量子的な結合を実現し、これを異なる物理系間のトランスデューサとして用いる事を目指す。さらに、様々なフォノン



共振器を用いたハイブリッドフォノン構造を作製し、コヒーレンス操作を活用した超高感度計測技術につなげる。A04 では量子的な結合を制御する実験の理論的支持、従来の限界を超える量子高感度計測など新しい量子的機能の提案を行う。さらに、量子トランスデューサの限界を明らかにしてその設計指針を示す。理論は領域全体の方向性を定めるものであり、実験系の研究と強く連携する。また、様々な計測や量子トランスデューサには異なる仕組みが必要であることから、ナノ材料、ナノ構造の研究者を巻き込んで研究を進める。



### 【期待される成果と意義】

小規模な量子結合系を目指す本領域の研究を推進することで電荷、クーパー対、スピン、核スピン、フォトン、フォノンの既存分野の枠を超えた量子的な結合が実現され、量子高感度計測などの QET が実現される。計測技術は様々な科学、産業の基礎であり、広い範囲での発展性がある。また、様々な物理量の量子的な結合に基づいた基礎研究分野が確立することで、物質間の重力検出など、学術研究としても魅力的な発展が期待できる。本領域を通して、量子情報技術の世界的傾向である QET を日本で加速するとともに、高いノウハウや技術を有する日本の材料研究の新しい出口を提供することに挑戦する。

### 【キーワード】

ナノマイクロ量子システム、新機能量子材料、量子効果、量子トランスデューサ、量子計測、Quantum Enabled Technology、固体物性、量子情報処理、電荷、スピン、核スピン、フォトン、フォノン

### 【研究期間と研究経費】

平成 27 年度～31 年度  
1,045,300 千円



Title of Project : Science of Hybrid Quantum Systems

Yoshiro Hirayama  
(Tohoku University, Graduate School of Science, Professor)

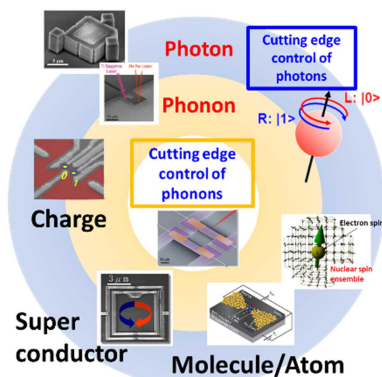
Research Project Number : 15H05866 Researcher Number : 20393754

【Purpose of the Research Project】

The purpose of this project is connecting the coherent manipulation of physics quantities for quantum enabled technology (QET) not for large scale quantum computation. A highly-sensitive metrology is received the most attention among the QET and the sensitivity can be enhanced by entanglement in the small-scale quantum hybridization. A quantum transducer coherently connecting various physics quantities is thus needed to create QET. We will establish the small-scale quantum coupling between different physics quantities by putting an emphasis not only on the *photon* but also the *phonon*, which has recently been remarkably developed.

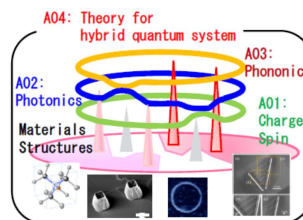
【Content of the Research Project】

In the scheme of the project pursuing the fundamental physics of hybrid quantum systems, the A01 research will demonstrate the manipulation of the quantum coupling between a charge, spin, and nuclear spin. We will also study the coherent control of these physics quantities by photon and phonon. The A02 aims at the establishment of a cutting-edge photon-control and extends it to the quantum coupling between physics quantities and photons. We will clarify the interaction between materials and electro-magnetic waves. The A03 aims at the establishment of a cutting-edge phonon-control and extends it to the quantum coupling between physics quantities and phonons. We will attempt to create phonon-based transducer and hybrid phononic systems.



The A04 supports a better understanding of the

experimental results and proposes a new direction for QET. Moreover, we clarify the limits of the quantum transducer and present some design rules. The theoretical studies will be used to create the project guidelines. We will collaborate with researchers in the field of nanomaterials and nanostructures because we will need new materials and structures for various quantum transducers.



【Expected Research Achievements and Scientific Significance】

This project focus on the small-scale quantum coupling between charge, cooper pair, spin, nuclear spin, photon, and phonon, that go beyond the existing frameworks, resulting in the highly-sensitive quantum metrology and QET. The new metrology will have a large impact on a wide range of fields. The establishment of a basic research area that is based on quantum coupling will pave the way for an attractive pure science like gravity detection. We will accelerate the world-wide movement towards the creation of QET in Japan.

【Key Words】

Nano-micro quantum system, New functional quantum material, Quantum effect, Quantum transducer, Quantum metrology, Quantum enabled technology, Solid-state physics, Quantum information, Charge, Spin, Nuclear spin, Photon, Phonon

【Term of Project】 FY2015-2019

【Budget Allocation】 1,045,300 Thousand Yen