

東北大学 電気通信研究所  
**研究室外部評価資料**

(2013 年度-2018 年度)

**Activity Report of Research Laboratory  
for External Review**

April 2013 – March 2019  
(FY. 2013–2018)

**Research Institute of Electrical Communication  
Tohoku University**

量子デバイス研究室

Quantum Devices

<b>A. 研究室名 / Research Laboratory</b>	
量子デバイス研究室 Quantum Devices	
<b>B. 構成員 / Faculty and Research Staff (as of May 1, 2019)</b>	
准教授 / Associate Professor	
氏名 Name	大塚 朋廣 (2018年2月より) Tomohiro Otsuka (February 2018 - )
分野名 Research Field	量子デバイス Quantum Devices
<b>C. 研究目的 / Research Purpose</b>	
<p>ナノメートルスケールの微小な固体ナノ構造では量子効果等の特異な物理現象が生じる。本研究室では人工的に作製、制御した固体ナノ構造における物性解明、およびデバイス応用の研究を進めている。これにより量子エレクトロニクスやナノエレクトロニクス等を通して、新しい情報処理、通信技術に貢献する。</p>	
<p>In solid-state nanostructures, exotic phenomena like quantum effects occur. We are exploring interesting properties of the nanostructures and developing new devices utilizing artificial nanostructures. We will contribute to new information processing and communication technologies through quantum and nanoelectronics.</p>	
<b>D. 主な研究テーマ / Research Topics</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 固体ナノ構造中の電子物性解明と固体ナノ構造デバイスの研究</li> <li>2. 固体ナノ構造を用いた量子デバイスの研究</li> <li>3. 材料、デバイス科学とデータ科学手法の融合による効率的材料、デバイス開発基盤技術の研究</li> </ol>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Electronic properties of nanostructures and nanodevices</li> <li>2. Quantum devices utilizing nanostructures</li> <li>3. Informatics approaches in material and device science</li> </ol>	

E. 学術論文等の編数 / The Number of Research Papers							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
(1) 査読付学術論文 Refereed journal papers					0	6	6
(2) 原著論文と同等に扱う 査読付国際会議発表論文 Full papers in refereed conference proceedings equivalent to journal papers					0	0	0
(3) 査読付国際会議 Papers in refereed conference proceedings					0	10	10
(4) 査読なし国際会議・シンポジウム等 Papers in conference proceedings					0	0	0
(5) 総説・解説 Review articles					0	0	0
(6) 査読付国内会議 Refereed proceedings in domestic conferences					0	0	0
(7) 査読なし国内研究会・講演会 Proceedings in domestic conferences					10	23	33
(8) 著書 Books					0	0	0
(9) 特許 Patents					0	0	0
(10) 招待講演 Invited Talks					2	3	5

研究室の発足は 2018 年 2 月（2017 年度）である。

Our laboratory started in February 2018 (FY 2017).

## F. 特筆すべき研究成果 / Significant Research Achievements (FY.2013-2018)

See Ref. 1. “#” mark indicates research carried out at a former organization.

2013-2018年度の研究成果（論文・特許など）のうち、前半（2013-2015年度）と後半（2016-2018年度）それぞれで代表的な数件（2-3件程度ずつ）について、参考資料を引用して、その特徴と学術的意義などを簡単に紹介する。英文のみ、もしくは和文と英文で記載。要約は300字程度。論文誌の要約/Abstractのコピー可。学術面での国際的インパクトならびに社会的影響を100字程度で記載。必ずしも当該期間内に発表・出版したものに限るのではなく、例えば過去に発表したものでもこの期間内に成果が得られたり、評価されるようになったりしたものも含むものとする。インパクトファクターや被引用件数など、できる限り第三者が定量的に評価できる指標を用いてアピールすること。それらの指標にはそぐわない場合には、その事情とそれに変わる適当な評価指標・尺度を示すこと。

### [2013-2015]

研究室発足前のため該当なし。

Our laboratory has not been started.

### [2016-2018]

2018年2月より研究室の立ち上げを行った。また共同研究グループと協力して、以下に代表される研究成果を得た。

We started our laboratory in February 2018. We conducted the following highlighting collaborative researches.

#### 1. “Difference in charge and spin dynamics in a quantum dot-lead coupled system”,

Tomohiro Otsuka, Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Peter Stano, Shinichi Amaha, Jun Yoneda, Kenta Takeda, Giles Allison, Sen Li, Akito Noiri, Takumi Ito, Daniel Loss, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, and Seigo Tarucha,

Physical Review B 99, 085402 (2019), [IF: 3.836].

**要約:** 固体ナノ材料中での局所電子状態ダイナミクスは、基礎物理およびデバイス応用の両面で重要となっている。我々は半導体量子ドットを活用した高速なマイクロプローブを用いて、量子ドットと電極からなる開放量子系における電荷状態とスピン状態を調べた。この結果、単一電子トンネルにおいて電荷状態とスピン状態の時間変化に差があるという新現象を発見し、マイクロな理論を用いてそのメカニズムを解明した。

**学術面での国際的インパクトおよび社会的影響:** 独自の高速マイクロプローブの測定手法を活用して、量子ドットと電極からなる開放量子系における局所電子ダイナミクスを解明した世界で初めての成果である。開放量子系の物理解明とともに、電極の自由度を利用した量子状態の初期化や操作につながり、スピントロニクス、量子デバイス応用で重要となる。

**Abstract:** Dynamics of local electronic states in nanostructures attracts interest in basic science and device applications. We measured local charge and spin states in a quantum dot coupled to an open electronic reservoir. We find a new phenomenon that the dynamics of the charge and spin states are different in a single-electron tunneling regime. We reproduced the observed results by constructing a microscopic model treating the tunneling process.

**International impact on both academic and social aspects:** This work revealed the dynamics of the local electronic states in a quantum dot coupled system. The achievements can be utilized for initializations and controls of quantum states through the coupling to the reservoir in the future spintronics and quantum devices.

2. #“Four single-spin Rabi oscillations in a quadruple quantum dot”,

Takumi Ito\*, Tomohiro Otsuka\*, Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Shinichi Amaha, Jun Yoneda, Kenta Takeda, Akito Noiri, Giles Allison, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, and Seigo Tarucha, Applied Physics Letters 113, 093102 (2018), (\*equal contribution), [IF: 3.521].

**要約:** 量子情報処理の実現に向けては、量子ビットデバイスを集積し、量子ビットの数を増やしていくことが重要である。我々は半導体量子ドット中の電子スピンを用いた量子ビットについて、4重量子ドットを用いて集積し、その4重量子ドットそれぞれで電子スピン状態を操作できることを実証した。

**学術面での国際的インパクトおよび社会的影響:** 半導体スピン量子ビットに関して、世界最多の4重量子ドットを用いて単一電子スピンの独立回転操作ができることを示した成果である。この結果は量子ビットの集積、大規模量子系の実現において重要であり、将来の量子情報処理の実現に貢献するものである。

**Abstract:** For quantum information processing, increasing the number of the quantum bits is important. Electron spins in semiconductor quantum dots are one of the best candidates of the quantum bits. We realized a quadruple quantum dot system and demonstrated individual single-electron spin rotations in each quantum dot.

**International impact on both academic and social aspects:** This work demonstrated the individual single-electron spin operations in a scaled-up multiple quantum dot system. This result is important in the integration of semiconductor spin qubits for realizing large-scale quantum information processing.

3. #“Coherent transfer of electron spin correlations assisted by dephasing noise”,

Takashi Nakajima, Matthieu R. Delbecq, Tomohiro Otsuka, Shinichi Amaha, Jun Yoneda, Akito Noiri, Kenta Takeda, Giles Allison, Arne Ludwig, Andreas D. Wieck, Xuedong Hu, Franco Nori, and Seigo Tarucha, Nature Communications 9, 2133 (2018), [IF: 11.88].

**要約:** 量子技術においては量子エンタングルメントの生成、活用が重要となる。この量子エンタングルメントについて、半導体スピン量子ビット系を用いて、隣り合っていない遠隔量子ビット間に生成できることを実証した。またこの際、環境雑音が発見した。

**学術面での国際的インパクトおよび社会的影響:** 半導体スピン量子ビットについて、遠隔量子ビット間の量子エンタングルメント生成を実証した成果である。この結果は大規模量子ビット系にも量子エンタングルメント生成を拡張できることを示しており、半導体量子コンピュータの大規模化に貢献するものである。

**Abstract:** Quantum entanglement is a key feature in quantum technologies. We demonstrated the formation of the entanglement in distant qubits utilizing semiconductor spin qubits. We also found that we can utilize dephasing noise in the creation of the distant entanglement.

**International impact on both academic and social aspects:** This work demonstrated the formation of the distant entanglement in a semiconductor qubit system. This result is important in scale-up of the semiconductor spin qubit system and utilizing entanglement for quantum computing.

## G. 特筆すべき活動 / Significant Activities (FY.2013-2018)

See Ref. 2-9. “#” mark indicates research carried out at a former organization.

研究室外部評価参考資料の2以降を参照しながら、2013-2018年度のなどの活動の中から特筆すべきものを取り出し、前半（2013-2015年度）と後半（2016-2018年度）に分けて簡単に紹介する。英文のみ、もしくは和文と英文で記載。

### [2013-2015]

研究室発足前のため該当なし。

Our laboratory has not been started.

### [2016-2018]

2018年2月から、以下に代表される活動を行った。

The following is the highlight of our activities from February 2018.

#### 学会活動 / Activities in academic societies

固体物理の誌友や査読等、積極的に学術論文誌の編集・査読等に貢献した。

We contributed as reviewers for academic journals.

#### 社会貢献 / Contributions to society

一般公開への参加や、Webページによる情報発信等、積極的にアウトリーチ活動等を行った。

We joined a public event and prepared websites to introduce our research.

#### その他 / Other activities

競争的資金について、2件の科学研究費補助金、さきがけや卓越研究員事業などの大型予算、多数の民間研究助成や共同研究を獲得し、活発に研究活動を進めた。また文部科学大臣表彰若手科学者賞等の5件の表彰を受けた。

We got two Grant-in-Aid for Scientific Research, two big grants: Precursory Research for Embryonic Science and Technology (PRESTO) (37M JPY) and Leading Initiative for Excellent Young Researchers (LEADER) (24M JPY), private grants and collaborations. We also received five awards and honors.