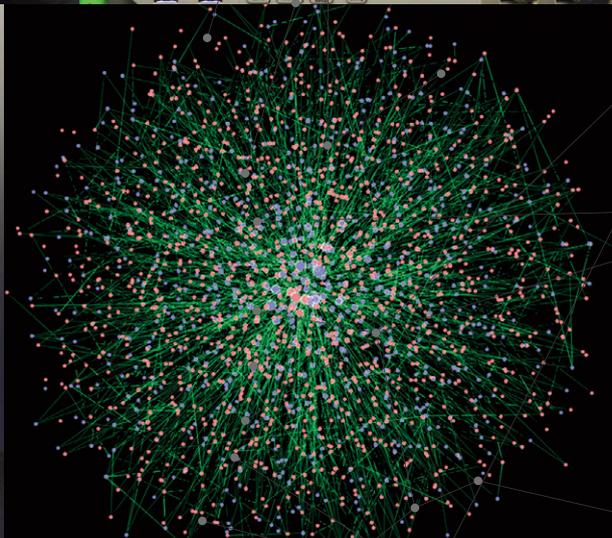
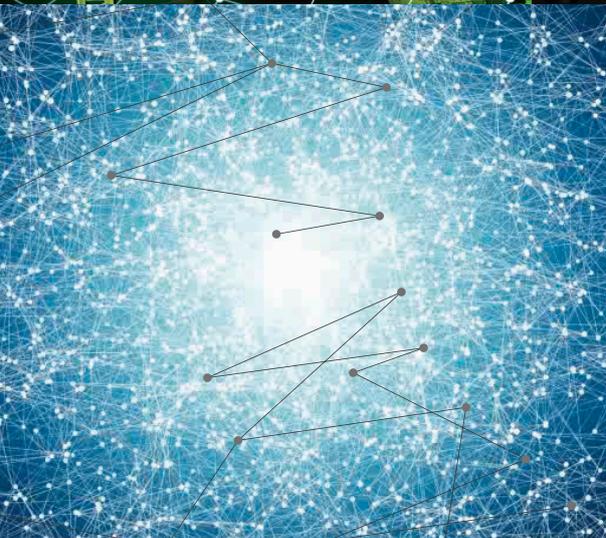
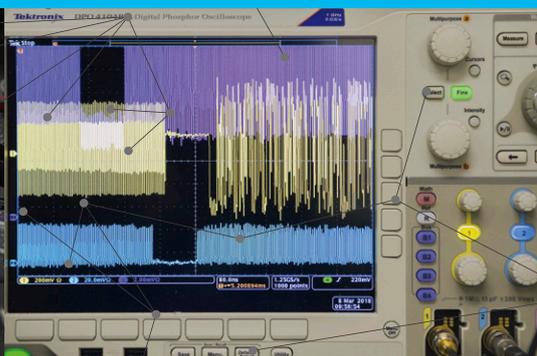
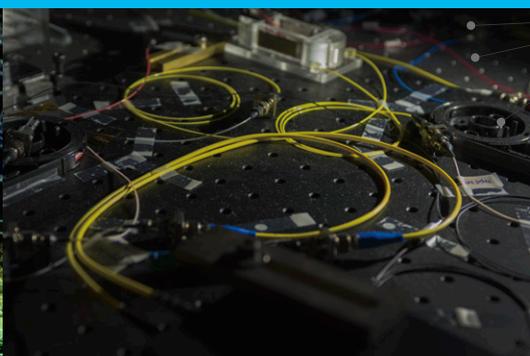


NTT 物性科学 基礎研究所

Annual Report 2017



NTT  
BASIC  
RESEARCH  
LABORATORIES



## ISNTT

International Symposium on Nanoscale Transport and photonics

ナノ構造における電子・光物性の研究と応用に関する国際シンポジウム「ISNTT 2017」を開催いたしました。ISNTTは隔年で開催されているシンポジウムであり、今回はSerge Haroche教授 (Laboratoire Kastler Brossel, Collège de France)による特別基調講演、18件の招待講演を含め、142件の口頭・ポスター発表が行われ、関連する分野における最新の研究成果について意見交換を行いました。

## NTT-BRL School

NTT物性科学基礎研究所を広く知っていただくとともに、若手研究者が大きく育つ機会を提供するため、主に博士課程の学生を対象とした「NTT-BRLスクール」を開催いたしました。“The principles of solid state quantum computation”をテーマに、根本香絵教授 (国立情報学研究所)、中村泰信教授 (東京大学)、武居弘樹 上席特別研究員に講義を行っていただきました。スクール生は講義、ラボツアーに参加するだけでなく、同時開催されたISNTTでの研究発表も行いました。



## ごあいさつ

表紙モチーフについて

### 光発振器を使って難問を解く 新原理の計算機「LASOLV」

2000個の縮退光パラメトリック発振器のネットワークを用いたイジング型計算機を実現し、組合せ最適化問題に対して高精度な近似解を求めることに成功しました。これは相互作用する光発振器群が、ネットワークの光損失を最小化する位相状態の組合せで発振する性質を利用して、組合せ最適化問題の解探索を高速に行う計算機です。この新原理の計算機LASOLVを体験できるクラウドシステムを公開し、応用探索に向けた取り組みを開始しました。

日頃より、私どもNTT物性科学基礎研究所の研究活動に多大なご支援・ご関心をお寄せ頂きまして、誠にありがとうございます。

NTT物性科学基礎研究所では、10～20年後を見据え、速度・容量・サイズ・エネルギーなどの点で、従来のネットワーク技術の壁を超えるような新原理・新概念を創出することを目的として基礎研究を行っています。そして、この新原理・新概念を創出する過程で見出した有望な技術を新しい産業の種とすることにより、中長期的なNTT事業への貢献を果たしています。これらのミッションを達成するため、物理・化学・生物・数学・電気電子・情報・医学などを専門とする幅広い分野の研究者が、機能物質科学、量子電子物性、量子光物性に関する研究分野で日々研究に取り組んでいます。

研究を進める上では、NTT内での研究協力はもちろんのこと、世界各国の大学や研究機関とも幅広く共同研究を行い、「世界に開かれた研究所」としての役割を果たしています。また、「サイエンス



## Advisory Board

2017年1月30日と31日の2日間、「アドバイザリボードミーティング」を開催しました。このボードは、外部の著名研究者に研究成果ならびに研究計画を客観的に評価していただき、今後の研究マネジメントに反映させるために設置しています。戴いた提案や助言は、研究マネジメントや実際の研究に反映されています。また、ポスターセッションや、若手研究者とボードメンバの意見交換の場も設けました。

プラザ」や「ISNTT」などの国際会議を当厚木R&Dセンターで開催することにより、積極的な情報発信を行うとともに、皆さまのご意見やご批判を頂けるように努めております。さらに、世界の若手研究者を対象にした「NTT-BRLスクール」を開催することにより、若手研究者が大きく育つ機会を創出するとともに、世界中から集まる参加者とNTT研究者との間の緊密な交流を促しています。

これらの活動を通じまして、NTT事業のみならず、学術的な貢献も果たしてゆく所存でございますので、今後とも一層のご指導・ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

NTT物性科学基礎研究所

所長 寒川哲臣

## Science Plaza

最新の研究成果を内外の皆様幅広く紹介し、オープンに議論していただく場とするべく「サイエンスプラザ」を開催しています。研究所紹介、大学教授などの著名人による特別講演、所員によるシンポジウム講演のほか、数十件のポスター展示やラボツアーによる研究紹介を実施しています。

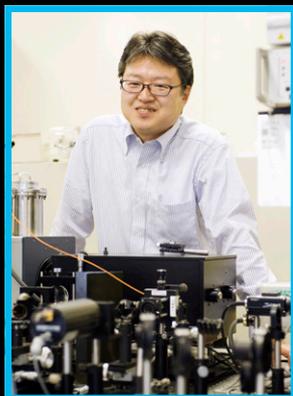


## 組織図

Organization

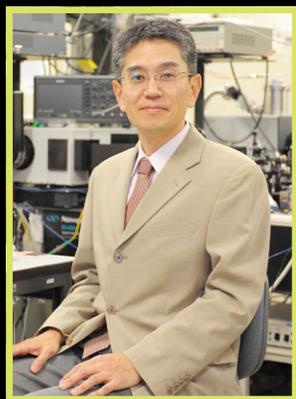
## NTT物性科学基礎研究所

所長 寒川哲臣



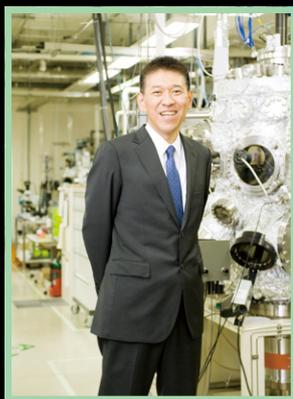
## 企画担当

部長 後藤秀樹



## 機能物質科学研究部

部長 山本秀樹



→ P5

- 薄膜材料研究グループ
- 低次元構造研究グループ
- 分子生体機能研究グループ

## 量子電子物性研究部

部長 藤原 聡

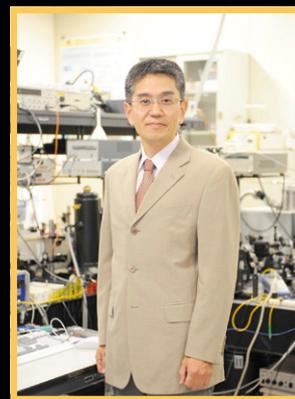


→ P7

- ナノデバイス研究グループ
- ナノメカニクス研究グループ
- 超伝導量子回路研究グループ
- 量子固体物性研究グループ

## 量子光物性研究部

部長 後藤秀樹



→ P9

- 量子光制御研究グループ
- 理論量子物理研究グループ
- 量子光デバイス研究グループ
- フォトニックナノ構造研究グループ

## NTT 物性科学基礎研究所 現在員数

- 研究員…96名 ● 客員研究員…2名
- リサーチアソシエイト・リサーチスペシャリスト…13名
- 海外研修生累計…19名 ● 国内実習生累計…28名



#### アドバイザーボード

Advisory Board

University of California, Berkeley, U.S.A.

**Prof. John Clarke**

Harvard University, U.S.A.

**Prof. Evelyn Hu**

University of Gothenburg, Sweden

**Prof. Mats Jonson**

Imperial College London, U.K.

**Prof. Sir Peter Knight**

University of Illinois at Urbana-Champaign, U.S.A.

**Prof. Anthony J. Leggett**

The University of Texas at Austin, U.S.A.

**Prof. Allan H. MacDonald**

Forschungszentrum Jülich, Germany

**Prof. Andreas Offenhäuser**

The University of Queensland, Australia

**Prof. Halina Rubinsztein-Dunlop**

Max Planck Institute for Solid State Research, Germany

**Prof. Klaus von Klitzing**

ナノフォトンクスセンタ

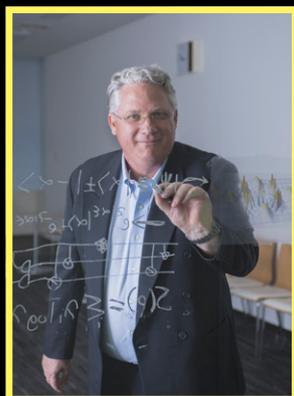
センタ長 **納富雅也**



→ P11

理論量子物理研究センタ

センタ長 **William John Munro**



→ P11

リサーチプロフェッサ

Research Professors

関西学院大学 教授

**日比野 浩樹**

国立循環器病研究センター 名誉病院長

公益財団法人日本心臓血圧研究振興会 専務理事

同 附属榊原記念病院 顧問

東京都病院協会 副会長

**友池 仁暢**

# 機能物質科学研究部

## 研究部概要

### Overview

機能物質科学研究部では、原子・分子レベルで物質の構造や配列を制御することにより、新しい物質や機能を創造し、物質科学分野における学術貢献を行うとともに、情報通信技術に変革を与えることを目指して、広範な物質を対象に研究を進めています。その範囲は、GaAsやGaNをはじめとする化合物半導体からグラフェンなどの二次元構造物質、酸化物超伝導体・磁性体、導電性高分子、さらには神経細胞などの生体物質に至り、高品質薄膜成長技術や、物質の構造と物性を精密に測定する技術をベースに、理論的なアプローチも取り入れて最先端の研究を推進しています。

## グループ紹介

### Group Introduction

#### 薄膜材料研究グループ

##### 「新奇化合物半導体デバイス」

遠紫外～近赤外発光デバイス、高効率創エネルギーデバイス、光・電気・磁気複合新機能デバイスの創製

#### 低次元構造研究グループ

##### 「2次元層状物質」

次世代原子層エレクトロニクスに向けた究極に薄い機能性層状物質の創製

##### 「多元酸化物薄膜」

従来のコンセプトを変える超伝導物質・磁性物質の創製

#### 分子生体機能研究グループ

##### 「ナノバイオ」

神経・分子機能とナノテクの融合、生体機能に基づく新しいデバイス創製

##### 「ソフトマテリアル生体適合素材」

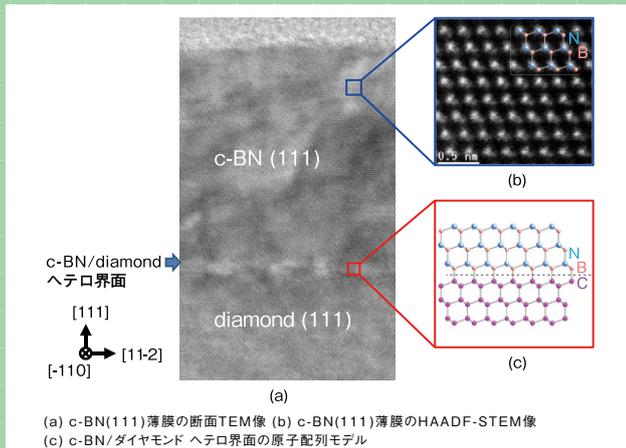
深層生体情報を計測するソフトマテリアル複合素材の開発

##### 「バイオセンシング」

極微量試料を検出するオンチップ型バイオセンシング技術



多元ソース分子線エビタキシー装置: 複合酸化物・窒化物の高品質薄膜を成膜できるほか、新奇超伝導体・磁性体などの探索にも活用されています。

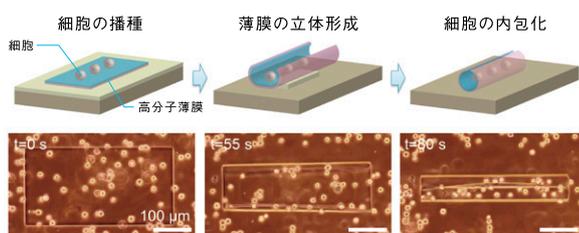


### c-BN(111) 薄膜のヘテロエピタキシャル成長

ワイドギャップ半導体である立方晶窒化ホウ素(c-BN)は、パワーデバイスとしての材料固有の性能限界を示すバリガ指数がSiCやGaNを凌駕しています。c-BNは薄膜成長が困難な材料ですが、我々は独自技術であるイオンビームアシストMBE法によって、ダイヤモンド基板上へのc-BN(111)薄膜のエピタキシャル成長に成功しました。成長表面は窒素極性であり、ヘテロ界面ではホウ素-炭素結合が優先的に形成される事が明らかになりました。このような成長形態の解明から得られた知見を活かして薄膜を更に高品質化することで、c-BNの高効率・高耐圧トランジスタ応用への道が拓かれます。

K. Hirama, Y. Taniyasu, S. Karimoto, H. Yamamoto, and K. Kumakura, Appl. Phys. Express **10**, 035501 (2017).  
K. Hirama, Y. Taniyasu, S. Karimoto, Y. Krockenberger, and H. Yamamoto, Appl. Phys. Lett. **104**, 092113 (2014).

### 高分子薄膜の自己組み立てを利用した細胞毒性のない内包化



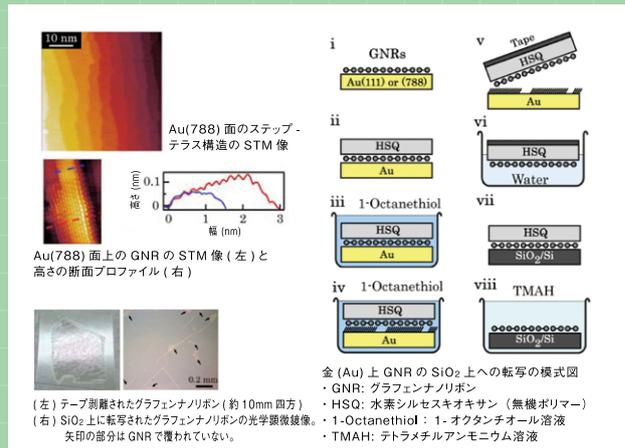
### 三次元薄膜内部での心筋組織の再構成



### 生体組織を人工的に組み立てる高分子複合素材

生体適合性の高い高分子材料を用いて立体構造を作製し、生体組織を再構築する手法を開発しました。この手法では、任意の三次元構造に組み立てられるソフトな薄膜の立体構造を作製し、その立体構造内に細胞を内包し長期培養することで、微小な心筋や神経などの生体組織を再構築することに成功しました。生体にやさしく、柔軟性の高い材料で立体構造を自在に作製できるため、細胞培養用のフレキシブル基板や生体組織の表面形状にフィットする生体内埋め込み素子などへの応用が期待されます。

T. Teshima, H. Nakashima, Y. Ueno, S. Sasaki, C. S. Henderson, and S. Tsukada, Sci. Rep. **7**, 17376 (2017).

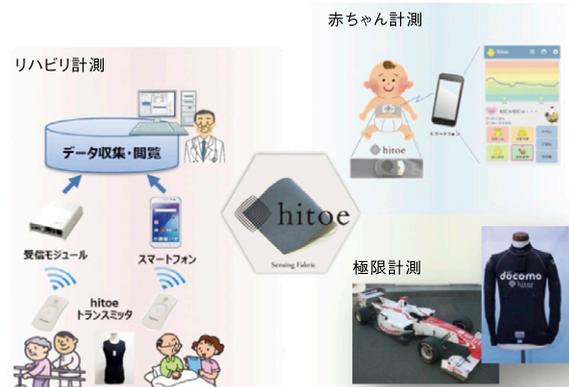


### グラフェンナリボンのエッチングフリー転写技術

炭素原子の二次元シートであるグラフェンの幅をnmサイズまで小さくしたグラフェンナリボン(GNR)は、グラフェンにはないバンドギャップを持つ材料として、半導体素子への応用が期待されています。我々は、特別な面方位を持つ金(Au)の単結晶上に、向きの揃ったGNRをボトムアップ的に作製した後、自己組織化単分子膜(SAM)をGNRとAuの間にインターカレートすることで、GNRを力学的に剥離し、絶縁体基板へ転写する手法を編み出しました。Auをエッチングする必要がないため、Auの単結晶を再利用してGNR素子を作製できます。

M. Ohtomo, Y. Sekine, H. Hibino, and H. Yamamoto, Appl. Phys. Lett. **112**, 021602 (2018).

### hitoe® を活用した実証実験



### 機能素材hitoe®を活用した実証実験

東レと共同開発したウェアラブル型生体電極hitoe®を活用した各種実証実験を実施しました。(1) 藤田保健衛生大学と連携したリハビリ患者の長期活動モニタリング、(2) ANA、コンビ、東レ、NTTの4社合同での「赤ちゃんが泣かない!?ヒコキ」プロジェクトにおける飛行機内での赤ちゃんの心拍計測と状態モニタリング、(3) 全日本スーパーフォーミュラ選手権における極限状態のレーシングカードライバーの心拍・筋電計測などを実施し、オープンイノベーションを進めながらhitoe®の用途拡大を図っています。

# 量子電子物性研究部

## 研究部概要

### Overview

量子電子物性研究部では、半導体、超伝導体、あるいは異種材料ハイブリッド系の新規物性を開拓し、将来のICT社会に大きな変革をもたらす固体デバイスの創出を目指しています。結晶成長、微細加工などの高度な技術を軸とし、単電子、メカニクス、量子、電子相関、スピンなどの新しい自由度に基づく低消費電力デバイス、量子情報処理デバイス、高感度センサなどの革新・極限デバイスの開発に挑戦しています。

## グループ紹介

### Group Introduction

#### ナノデバイス研究グループ

「単電子デバイスによる極限エレクトロニクス」

電子1個の転送・検出による高精度・高感度・低消費電力デバイス

「新機能ナノデバイス」

シリコンやハイブリッド材料系を用いた新機能デバイス

#### ナノメカニクス研究グループ

「半導体オプト・エレクトロメカニクス」

機械的機能を持つ半導体構造による新機能素子

「フォノン操作技術」

人工構造を用いた音響波の伝搬制御

#### 超伝導量子回路研究グループ

「超伝導量子回路」

超伝導素子による量子状態の制御

「極限量子計測技術」

量子力学の原理を用いた物理量の超高感度計測

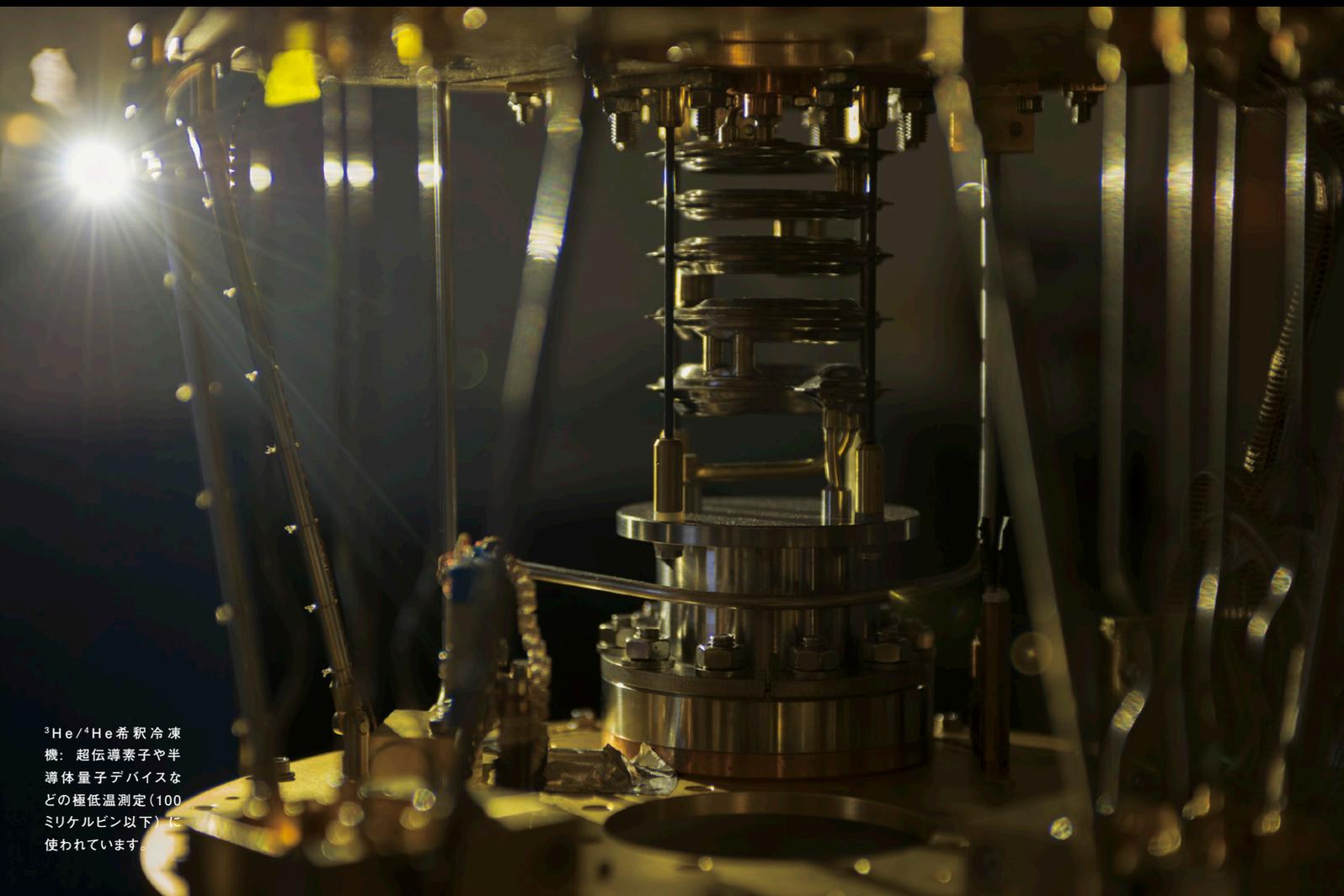
#### 量子固体物性研究グループ

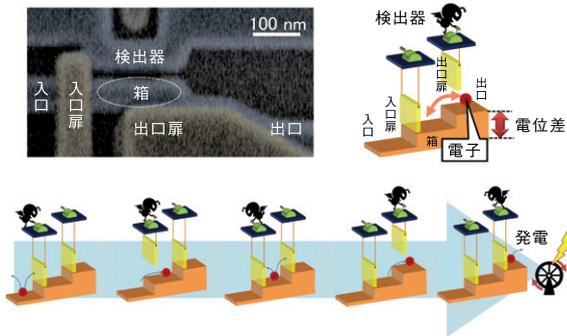
「半導体ヘテロ・ナノ構造の量子伝導」

量子デバイスにおける非従来型の電荷・スピン輸送現象

「量子デバイスにおけるキャリアダイナミクス」

電子のコヒーレントな運動による情報処理





デバイス構造とマクスウェルの悪魔の操作

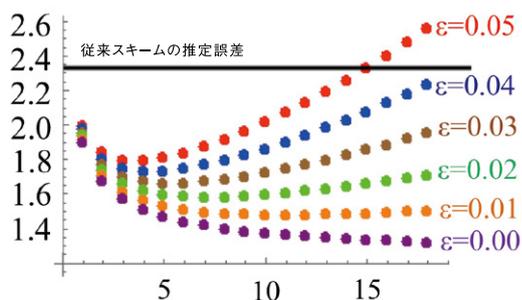
### マクスウェルの悪魔による発電

トランジスタ内の電子の動きを電子一個のレベルで観測し、その結果に基づいてトランジスタを操作し、電流を生成することに成功しました。この技術を利用することで、マクスウェルの悪魔による熱ノイズからの電力の生成が実現できました。マクスウェルの悪魔は物理学における重要な概念で、電子デバイスの消費電力の下限や、生体中の微小な熱機関におけるエネルギー変換効率と深く関係しています。本研究から得られた知見は、新たな高効率デバイスの創生に繋がると期待されます。

K. Chida, S. Desai, K. Nishiguchi, and A. Fujiwara, *Nature Commun.* **8**, 15310 (2017).

### エラー検知のための測定回数

推定誤差 ( $\delta\omega/\Gamma$ )

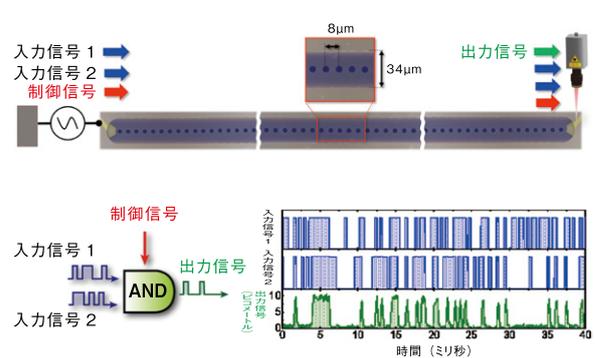


量子ビットの減衰率を $\Gamma$ 、測定のエラー率を $\epsilon$ とした際の、磁場による周波数シフト $\delta\omega$ の計算結果。

### エネルギー緩和下での量子誤り検知を用いた磁場センサ

量子ビットを用いた磁場センサは、その感度の高さから注目を集めています。近年になり量子誤り訂正という手法を使うことで、磁場検出時の誤差を低減させる可能性が議論されています。我々は、固体素子におけるノイズである「エネルギー緩和」の影響下で、量子誤り訂正が、磁場の推定誤差の低減に寄与するかどうかを理論的に評価しました。その結果、エネルギー緩和の影響下では、量子センサ分野で提案されてきた典型的な量子誤り訂正符号を適用しても誤差に影響を与えないが、測定後に情報を取捨選択する量子誤り検知を使えば誤差が減少することを示しました。

Y. Matsuzaki and S. Benjamin, *Phys. Rev. A* **95**, 032303 (2017).

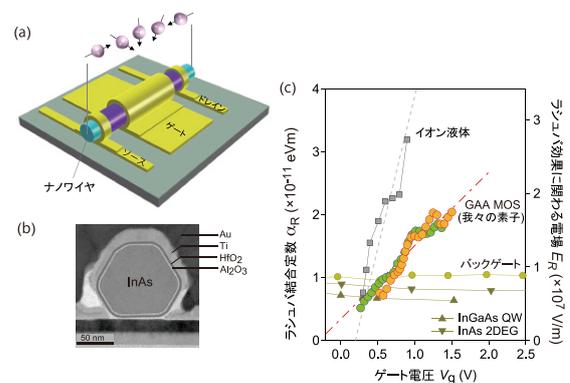


フォノン導波路(上)によるAND演算の実験結果(右)。左図はANDのブロック図

### フォノン導波路による再構成可能な論理ゲート素子

マイクロ電気機械システムから構成されるフォノン導波路を用いて、複数の論理演算の並行処理に成功しました。このデバイスがもつ動作周波数幅の広さによって、複数の入力・出力振動信号を一度に扱うことができます。さらに、制御信号の数や周波数、位相を調整することで、ANDやOR、XORといった基本的な論理演算を選択的に実行できるようにもなりました。本結果より、フォノン導波路を基盤にして、機械振動などの音の粒(フォノン)の信号処理への応用が期待されます。

D. Hatanaka, I. Mahboob, K. Onomitsu, and H. Yamaguchi, *Nature Nanotech.* **9**, 520 (2014).  
D. Hatanaka, T. Darras, I. Mahboob, K. Onomitsu, and H. Yamaguchi, *Sci. Rep.* **7**, 12745 (2017).



(a) ゲート・オール・アラウンド型InAsナノワイヤFETの全体図。(b) 典型的試料の断面TEM像。(c) ラシュバ結合定数のゲート電圧依存性を他の研究グループの素子の結果と比較したもの。

### ナノワイヤにおけるスピン軌道相互作用のゲート制御

InAsナノワイヤを用いて、ナノワイヤの軸周りに均一に電場がかかるゲート・オール・アラウンド型MOSFETを開発しました。均一で薄い高誘電体絶縁膜を用いることでナノワイヤに強い電場が印加できるため、電場に比例するラシュバ型のスピン軌道相互作用のゲート制御効率、従来スピンFETの候補として研究されてきたMOSFETやショットキー型FETよりも10倍以上向上しました。この研究成果は、将来的な省エネルギー・スピンFETの実現に大きく貢献すると期待されます。

K. Takase, Y. Ashikawa, G. Zhang, K. Tateno, and S. Sasaki, *Sci. Rep.* **7**, 930 (2017).

# 量子光物性研究部

## 研究部概要

### Overview

量子光物性研究部では、光通信技術や光情報処理技術に大きなブレークスルーをもたらす革新的基盤技術の提案、量子光学・光物性分野における学術的貢献を目指して研究を進めています。半導体量子ドットや希土類イオンなどのナノ構造光物性研究、極微量な光の量子状態制御、光を用いた物理計算機、高強度極短パルスおよび超高精度周波数光発生と物性解明、超音波やフォトニック結晶を応用した光特性制御などの研究がおこなわれています。

## グループ紹介

### Group Introduction

#### 量子光制御研究グループ

##### 「量子光通信」

光の量子状態制御と新しい通信への応用

##### 「量子光学技術を用いた非ノイマン型コンピューティング」

相互作用する光発振器群による新しい計算機の創出

#### 理論量子物理研究グループ

##### 「量子情報科学の理論的研究」

量子コンピュータ、量子通信、量子ネットワーク、量子計測への理論体系の構築

#### 量子光デバイス研究グループ

##### 「超高速・超高精度光制御技術」

高度に制御された光による超高速物性解明と光周波数基準の構築

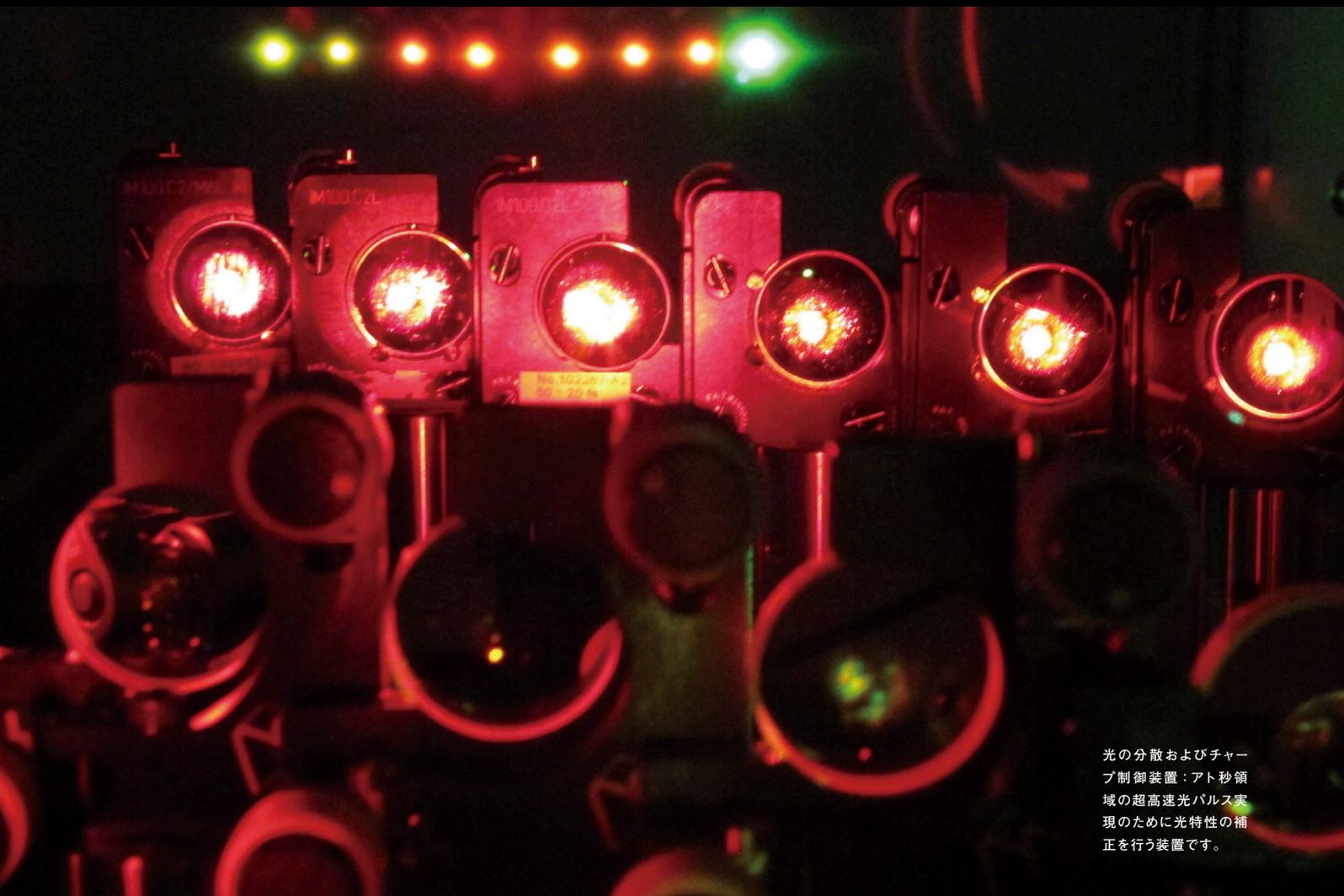
##### 「光活性固体の物性のナノスケール評価」

半導体ナノ構造・希土類系での光子・励起子・スピンの振る舞いの探求

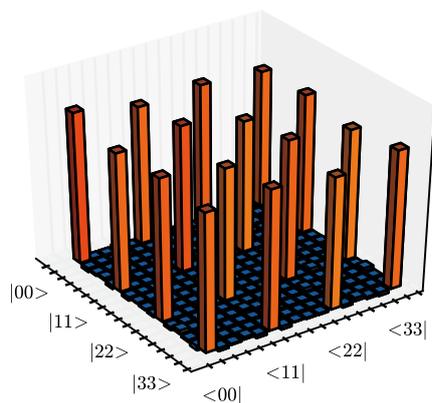
#### フォトニックナノ構造研究グループ

##### 「ナノフォトニクスを駆使した光集積技術」

超小型・超低エネルギー光素子・回路の実現、新奇光機能の創出



光の分散およびチャープ制御装置：アト秒領域の超高速光パルス実現のために光特性の補正を行う装置です。

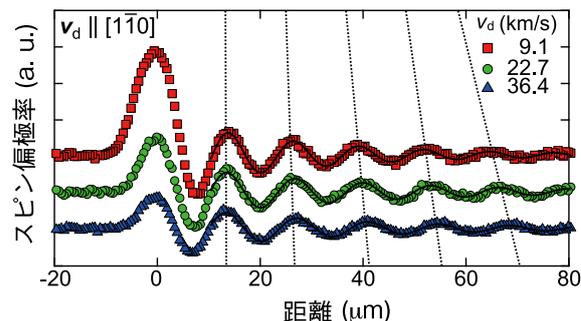


実験で再構成した状態密度演算子の実部

### 高次元Time-bin状態の量子状態トモグラフィ

高次元の量子状態を用いた、より高度な量子情報処理の実現が期待されています。量子状態の品質を評価するために、量子状態トモグラフィと呼ばれる手法が使われてきましたが、高次元化に伴い手順が複雑になるという問題点がありました。私たちはTime-bin状態という光子の量子状態に対する量子状態トモグラフィの手法を、縦列接続した光干渉計を用いた簡易な構成で実現しました。これにより、16種類という従来よりも少ない実験手順で4次元Time-bin量子もつれ状態を確認し、95%という高いフィデリティの観測に成功しました。

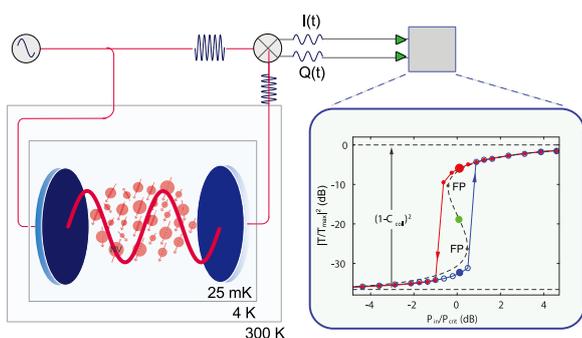
T. Ikuta and H. Takesue, *New J. Phys.* **19**, 013039 (2017).

化合物半導体中をドリフトする電子スピンの空間分布。ドリフト速度 $v_d$ の変化に伴って、スピンの歳差運動周期も変化していることがわかる。

### ドリフト誘起スピン軌道相互作用による電子スピン制御

化合物半導体中をドリフト運動する電子スピンを高感度なスピン分解顕微鏡を用いて精密に計測することで、電子スピンの空間的な回転周期がドリフト速度に依存していることを明らかにしました。この現象は電子スピンのドリフト運動によって誘起された有効磁場の存在によるものです。本研究成果は、固体デバイス中における電子スピンの振る舞いに対する重要な知見であり、電子スピンを用いた新たなデバイスへの応用が期待されます。

Y. Kunihashi, H. Sanada, Y. Tanaka, H. Gotoh, K. Onomitsu, K. Nakagawara, M. Kohda, J. Nitta, and T. Sogawa, *Phys. Rev. Lett.* **119**, 187703 (2017).

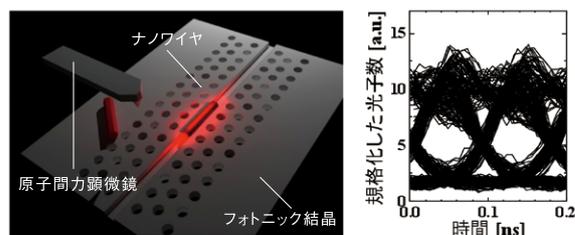


NVセンターの集団と超伝導共振器からなる量子ハイブリッド系における双安定性の実証

### 双安定なハイブリッド量子システムにみられる長時間緩和

非線形性は多様な性質を生み出し、社会の基盤となっている科学技術に本質的な変革をもたらしてきました。量子系のハイブリッド化により革新的な量子システムを作りだせるようになったことで、自然界には見られないような非線形性を探求することができるようになってきました。我々は、NVセンター集団と超伝導共振器からなる量子ハイブリッド系において振幅双安定性を実現し、1000秒以上という共振器の長時間減衰を実証しました。この結果は非線形性に基づいた量子技術の可能性を大きく拓くものです。

A. Angerer, S. Putz, D. O. Krimer, T. Astner, M. Zens, R. Glattauer, K. Streltsov, W. J. Munro, K. Nemoto, S. Rotter, J. Schmiedmayer, and J. Majer, *Science Advances* **3**, e1701626 (2017).



(a) フォトニック結晶中に原子間力顕微鏡で配置したナノワイヤレーザの概念図  
(b) Eye pattern (10 Gbps)

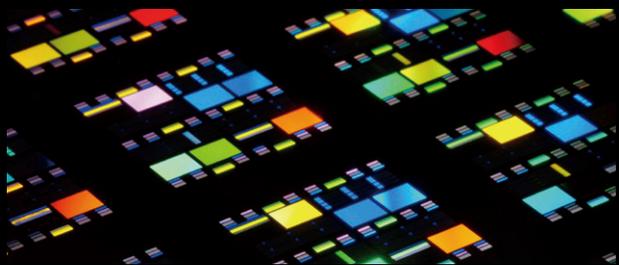
### オンチップ通信波長帯ナノワイヤレーザと高速変調動作

シリコン・フォトニック結晶上に、光の波長よりはるかに細い半導体ナノワイヤを配置することで、ハイブリッド共振器を作製し、光通信波長帯で初めてナノワイヤレーザの連続発振とその高速変調動作を達成しました。本技術により、シリコンチップ上に多機能な化合物ナノワイヤをベースとした超小型光デバイスが集積可能となります。この技術は、将来プロセッサチップの中の高密度な光ネットワークの導入手段として用いられ、低消費電力で高速な情報通信処理を実現します。

M. Takiguchi, A. Yokoo, K. Nozaki, M. D. Birowosuto, and K. Tateno, *APL Photonics* **2**, 046106 (2017).  
A. Yokoo, M. Takiguchi, M. D. Birowosuto, K. Tateno, G. Zhang, E. Kuramochi, A. Shinya, H. Taniyama, and M. Notomi, *ACS Photonics* **4**, 355 (2017).

→ Nanophotonics Center

## ナノフォトニクスセンタ



### センタ概要

#### Overview

ナノフォトニクスセンタは、ナノフォトニクス技術を駆使して、様々な機能をもつ光デバイスを大量・高密度に集積する大規模光集積技術の確立、および光情報処理の消費エネルギーの極限的な低減を目指す革新研究を行うために、2012年4月に設立されました。

量子光物性研究部フォトニックナノ構造研究グループのメンバーを中心に、物性科学基礎研究所および先端集積デバイス研究所の中で名のフォトニクス研究に関わるメンバーにより構成されています。

- フォトニック結晶、プラズモニクスによる極限的相互作用増強の探求
- ナノ光スイッチ、ナノレーザなど超小型・超低消費エネルギー光素子の追求
- ナノインプリントやSPMリソグラフィによる微細構造作製と応用
- シリコン上に様々な高性能光デバイスを集積

→ Research Center for Theoretical Quantum Physics

## 理論量子物理研究センタ

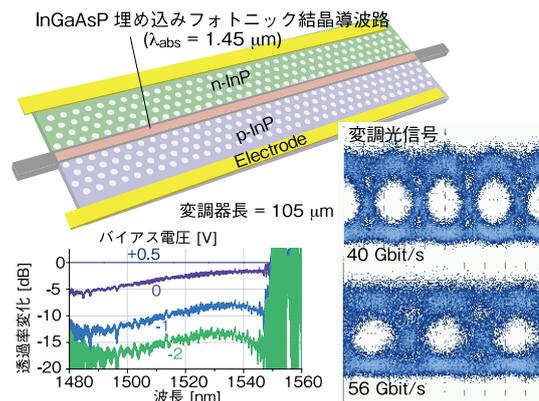


### センタ概要

#### Overview

物質や光の原子レベルの現象を説明する量子力学は前世紀、大変な成功を収めました。その直感に反する原理は、私たちの世界における「実在」についての理解を変えさせただけでなく、技術革新をもたらしてきました。いまや量子力学は私たちのデジタル社会の根幹を成しています。量子力学が指し示す世界とはいったい何なのか。またその原理が可能とする技術的進歩は何なのか。これらの疑問の全容はまだ解明されずにいます。これら最先端研究の遂行を目指し、2017年に新設された理論量子物理研究センタには、NTT研究所の垣根を越え、様々な分野(物理学、計算科学、数学や化学など)の研究者が集められています。

- 量子力学の基礎
- 量子物質(ハイブリッド量子系、強相関系、凝縮系、超伝導系)
- 量子アルゴリズムと計算複雑性
- 量子通信、量子シミュレーション、量子コンピュータ
- 量子計測、量子センシング
- 原子、分子、光学物理



フォトニック結晶導波路と電圧印加による光変調動作

### フォトニック結晶による低消費エネルギー光変調器

強く光を閉じ込めるフォトニック結晶導波路の中に、電界吸収効果をもつInGaAsP材料を埋め込んだ光変調器を作製し、低信号電圧(<1 V)かつ高速(56 Gbit/s)な光変調動作に成功しました。バイアス電圧がほぼ不要なため、従来素子のボルトネックであった電流散逸エネルギーが非常に小さく、また、素子の静電容量が10 fF程度と低いことで充放電エネルギーを抑えることもできました。結果として、信号1ビットあたり2 fJという低エネルギー変調動作が実現され、これにより高密度な光電変換ならびに光情報処理の高度化が期待されます。

K. Nozaki, A. Shakoor, S. Matsuo, T. Fujii, K. Takeda, A. Shinya, E. Kuramochi, and M. Notomi, *APL Photonics* 2, 056105 (2017).



量子ネットワーク

### 量子インターネットのための並列化量子中継

量子インターネットは、量子多体系の時間発展のシミュレーションや、地球上の任意のクライアントへ、量子テレポーテーションや量子暗号などの量子通信を提供します。本研究センタでは、任意の量子ネットワーク上で動作する、すなわちネットワークを構成する通信路やそのトポロジーに関わらず動作する、ユニバーサル量子インターネット方式を提唱しました。この方式は通信者間で量子中継を並列に走らせるという簡潔なアイデアに基づいているにも関わらず、光ファイバネットワークの量子/秘匿通信容量(量子力学上の理論限界)を達成することができます。

K. Azuma and G. Kato, *Phys. Rev. A* 96, 032332 (2017).

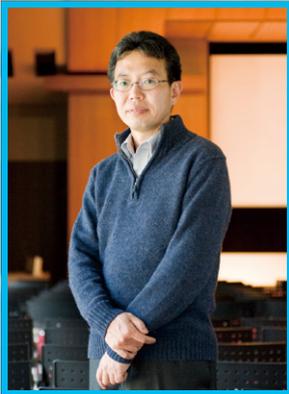
社内外からとりわけ優秀な研究者として認められている革新研究者に与えられる称号である「特別研究員」。その中でも、極めて優秀な研究者に与えられる称号である「上席特別研究員」は、NTTグループにとって長期的に重要と判断される研究分野において、革新研究／先導的な技術開発を牽引する使命を担っています。

## 上席特別研究員

2017年12月31日付

Senior Distinguished Researcher

Masaya Notomi  
納富雅也



研究テーマ

フォトニックナノ構造による光波制御

量子・ナノデバイス研究統括

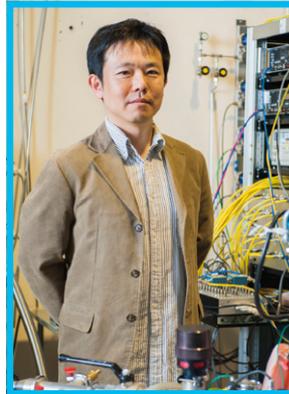
Hiroshi Yamaguchi  
山口浩司



研究テーマ

半導体ナノメカニクス

Koji Muraki  
村木康二



研究テーマ

低次元半導体構造の量子電子物性

医療・運動生理学研究統括

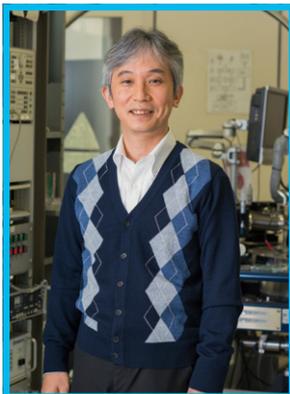
Shingo Tsukada  
塚田信吾



研究テーマ

先端医療材料を用いた  
生体情報の取得・機構解析

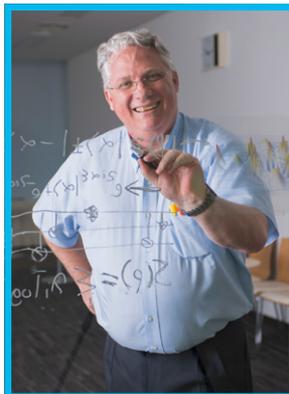
Akira Fujiwara  
藤原 聡



研究テーマ

半導体ナノ構造を用いた  
極限エレクトロニクス

William John Munro



研究テーマ

量子インターフェイスと  
量子中継の構造

Hiroki Takesue  
武居弘樹



研究テーマ

光通信波長帯における量子通信実験

## 特別研究員

Distinguished Researcher

Norio Kumada  
熊田 倫雄

Katsuhiko Nishiguchi  
西口 克彦

Shiro Saito  
齊藤 志郎

Imran Mahboob

Haruki Sanada  
眞田 治樹

Yoshiharu Krockenberger

Kazuhide Kumakura  
熊倉 一英

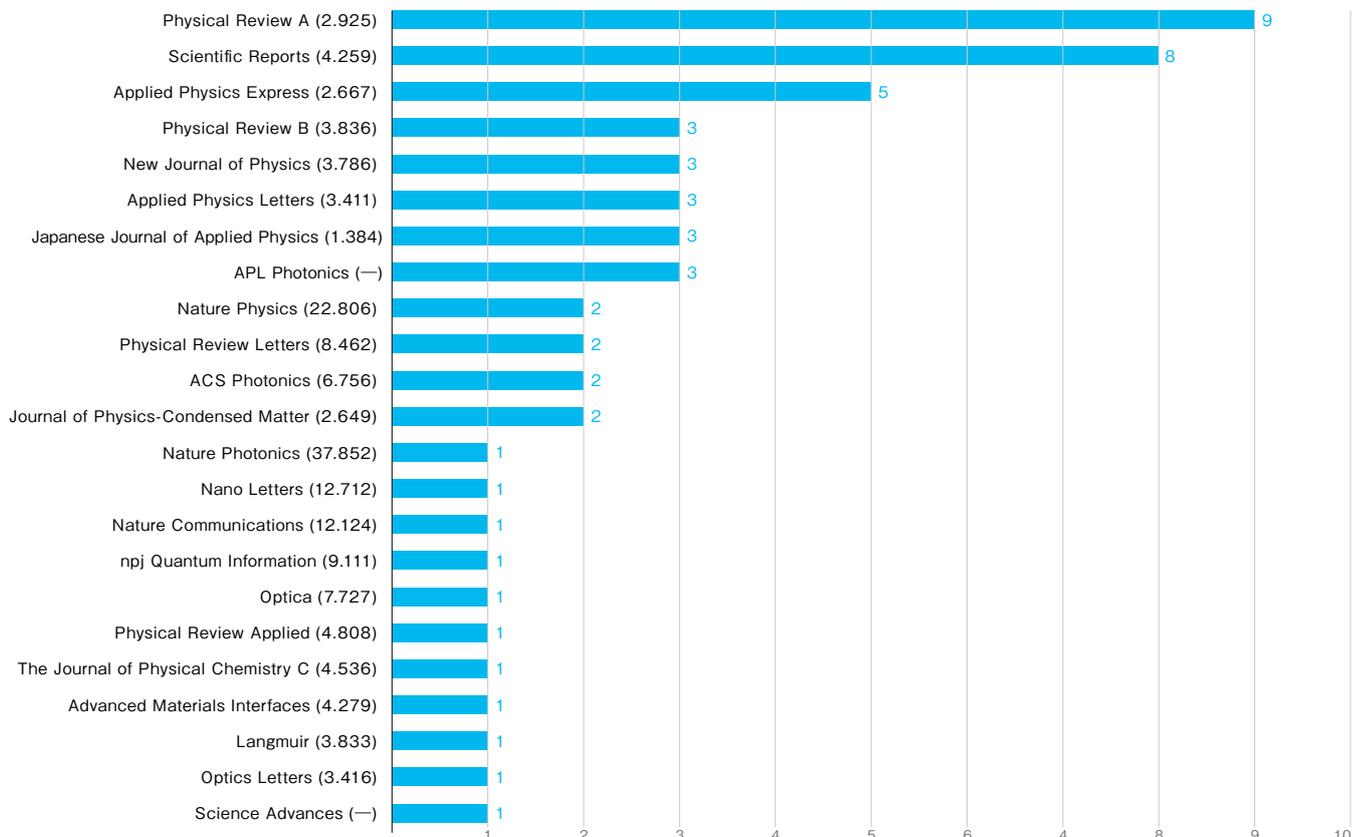
Kengo Nozaki  
野崎 謙悟

Nobuyuki Matsuda  
松田 信幸

## 学術論文掲載件数と主な掲載先

Publication List

( )内数字…インパクトファクター2016 (1論文あたりの平均 IF=5.012)  
2017年に掲載された学術論文の件数は、物性科学基礎研究所全体で73件です。



## 国際会議発表件数

Presentations

**211件** (うち招待講演59件)

## 特許出願件数

Patents

**81件**

## 社外表彰受賞者一覧

Awards

### IOP Publishing Outstanding Reviewer Award 2016

Outstanding Reviewer for New Journal of Physics in 2016 **William John Munro**

### 応用物理学会 講演奨励賞

フォノン結晶導波路におけるフォノン伝搬波の非線形分散効果 **黒子 めぐみ**

### 応用物理学会 講演奨励賞

高次元Time-bin量子もつれに対する量子状態トモグラフィの実装 **生田 拓也**

### 日本物理学会 若手奨励賞

Robust Magnetic Field Sensing Beyond the Standard Quantum Limit **松崎 雄一郎**

### 文部科学大臣表彰 科学技術賞 研究部門

ナノ構造における電子の極限操作とデバイス応用の研究 **藤原 聡**

### 応用物理学会 講演奨励賞

結合ナノレーザーアレイのPT対称性の破れを用いた制御可能な光トポロジカル相 **高田 健太**

### 化学とマイクロ・ナノシステム学会 優秀研究賞

高分子積層薄膜を用いた細胞の内包化と三次元自己組立て技術 **手島 哲彦, 中島 寛, 上野 祐子, 佐々木 智, Calum Henderson, 塚田信香**

### International Symposium on Ultrafast Intense Science XVI The Best Poster Presenter Award

Development of Time-resolved ARPES and Absorption Spectroscopy System Based on Quasi-monocycle-pulse Driven High-order Harmonic Source **小栗 克弥**

### 仁科記念賞

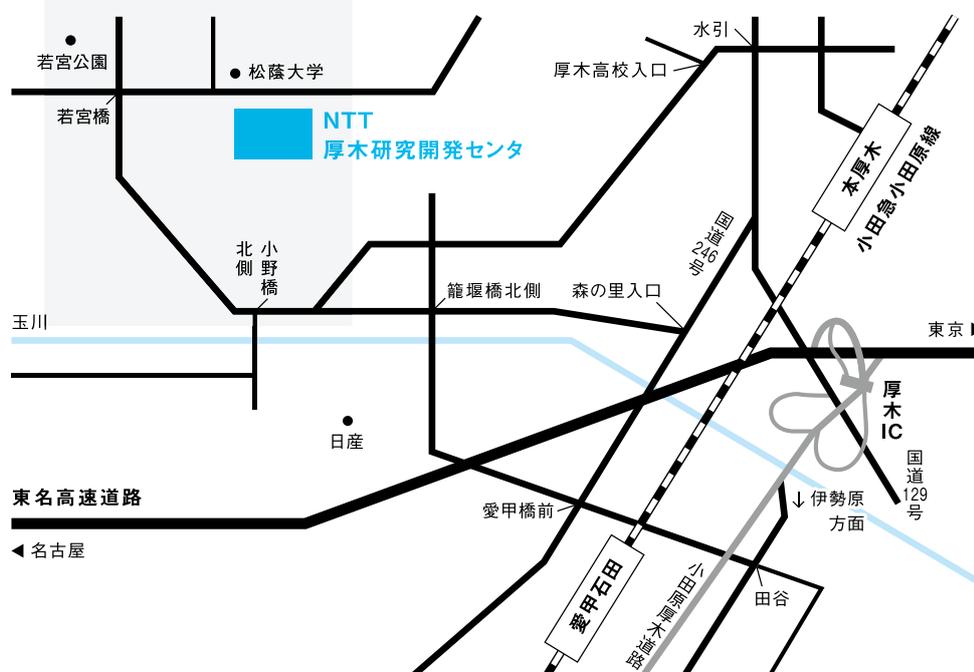
大規模コヒーレントイジングマシンの実現 **武居 弘樹**

### International Conference on BioSensors, BioElectronics, BioMedical Devices, BioMEMS/NEMS & Applications (Bio4Apps 2017) Best Presentation Award

Three-Dimensional Protein Detection by Graphene Micro-roll Aptasensor **上野 祐子, 手島 哲彦, Calum Henderson, 中島 寛**

# NTT物性科学基礎研究所

〒243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮3-1



## アクセス

### 電車・バスをご利用の場合

小田急線「愛甲石田」駅下車(新宿より急行にて約1時間)  
北口4番バス乗り場(約20分)  
「愛17・愛19 森の里」「愛18・愛21 松蔭大学」行きにて  
「通信研究所前」下車

小田急線「本厚木」駅下車(新宿より急行にて約1時間)  
東口・厚木バスセンター9番乗り場(約30分)  
「厚44(赤羽根・高松山経由) 森の里行き」または、  
「厚45(船子・森の里青山経由) 森の里行き」にて「通信研究所前」下車

### タクシーをご利用の場合

小田急線「愛甲石田」駅から約15分(1,500円程度)  
または、小田急線「本厚木」駅から約20分(2,500円程度)

### 自動車をご利用の場合

東名高速道路「厚木IC」より約20分(約5km)



## NTT 物性科学基礎研究所

〒243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮3-1  
TEL 046-240-3312 MAIL [brl-info@hco.ntt.co.jp](mailto:brl-info@hco.ntt.co.jp)  
<http://www.brl.ntt.co.jp/>

