



# RCSPM

RESEARCH CENTER FOR  
SMART PHOTONS AND MATERIALS  
TOYOTA TECHNOLOGICAL INSTITUTE

## スマート光・物質研究センター



学校法人 トヨタ学園

### 豊田工業大学

進むなら、足跡のない方へ。





学長 保立 和夫

## 物質・デバイス・システム研究の 幅広い展開を目指して

本学では、機械システム、電子情報、物質工学分野を専門とする研究室が研究・教育を展開し、各分野でのフロンティア開拓と学術基盤の深化を図っています。これら活動に並走させ、本学は研究分野間の学際・融合領域における新たな工学の創成も目指していて、4つの研究センターを設置しております。

2016年度に開設したスマート光・物質研究センターでは、中赤外光で多様な光機能を発現する光ファイバ材料・構造、加工用や衛星間通信用の光ファイバレーザ材料・システム、構造物診断用の光ファイバ神経網システムの研究が進んでいます。光MEMSセンサとアクチュエータ、光でのスピン制御や特性計測、光プローブによる物質表面の計測法、さらには高出力フェムト秒レーザシステムならびにサブサイクル中赤外光パルス発生と光電場波形測定、光波を制御するための半導体微小球の創製等も展開されています。光をキーワードにしつつ、物質、デバイス、システムの研究を幅広く展開してゆく計画です。

## 光と物質の高度制御とその革新的センシング・計測・ 情報関連技術への展開

現在、光は、情報通信、センシング、医療、分析、製造・加工等のいたるところで利用されています。当スマート光・物質研究センターには、本学の光に関わる研究が集結しています。光を創りそして縦横無尽に操り、また光で高精度に測る技術を構築するために必要な物質からデバイスそしてシステムにまで至る研究を進めています。代表的な研究として、独自に開発した特殊ガラスを用いた微細構造光ファイバによる紫外から遠赤外域に亘る光波の創生制御の研究、痛みの分かる材料や構造物のための光ファイバ神経網の研究、光によるスピン制御の研究、石英光ファイバ技術をもとにした高性能光ファイバレーザの開発、MEMS技術を駆使した光源、センサやアクチュエータ等のデバイス創成の研究、光をプローブとした高感度表面計測法の研究、超短光パルスレーザと光電場波形計測技術の研究、光波を制御するための半導体微小球の研究があり、これら研究を発展させるため精力的に取り組んでいます。



センター長 大石 泰丈

## COMPONENT LABORATORY 【構成研究室】

光機能物質研究室 大石泰丈、鈴木健伸

レーザ科学研究室 藤 貴夫、工藤哲弘

フロンティア材料研究室 齋藤和也

高分子化学研究室 小門憲太、阿南静佳

スピントロニクス研究室 田辺賢士

電子情報分野 栗野博之

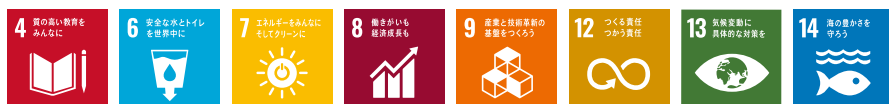
マイクロメカトロニクス研究室 佐々木 実、孔 徳卿

物質工学分野 柳瀬明久

表面科学研究室 吉村雅満、原 正則



スマート光・物質研究センターで取り組む研究は、右記のSDGsに関連しています





光機能物質研究室

教授 大石泰丈  
准教授 鈴木健伸

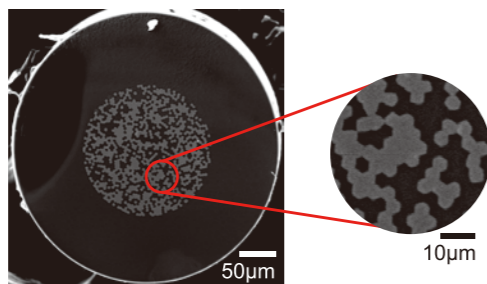


広帯域光波の創生制御の研究

主な研究テーマ

- ・全固体微細構造光ファイバによる光波制御の研究
- ・高非線形ガラス微細構造光ファイバによる可視-赤外光の創成制御の研究
- ・ランダム断面構造ファイバによる可視-赤外イメージ伝送の研究

- 全固体微細構造光ファイバを開発し、光のバンドギャップ構造を動的に制御できることを実証し、高速光変調に応用できることを示した。
- 高非線形ガラスを用いた微細構造ファイバを開発して、可視から中赤外にわたる超広帯域かつ高コヒーレンスのスーパーコンティニューム光の発生に成功した。
- 光ファイバの断面方向の光アンダーソン局在による光閉じ込めを利用したランダム断面構造ファイバを開発して、高解像度の赤外イメージ伝送を実現する。



カルコゲナイドランダム断面構造ファイバ

フロンティア材料研究室

教授 齋藤和也

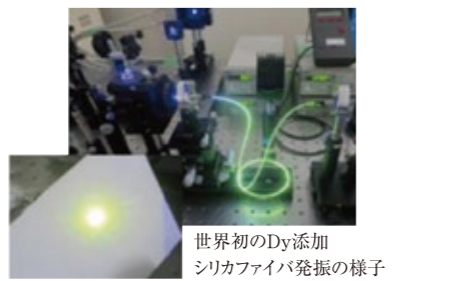


高性能光ファイバの研究開発

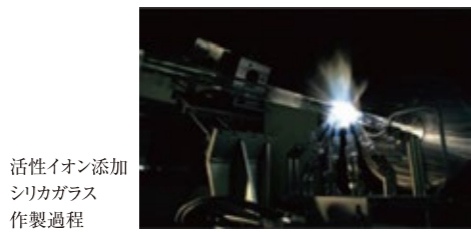
主な研究テーマ

- ・高性能ファイバレーザの開発
- ・衛星間光通信用ファイバアンプの開発
- ・シリカガラスの局所構造の解明

高品質な活性イオン(希土類、遷移金属イオン等)添加シリカガラスを作製する独自技術を有し、各種フォトニクス応用に適したガラスの開発を行っている。近年は、高出力加工用ファイバレーザ、可視ファイバレーザ、衛星間通信用ファイバアンプ、超低損失光ファイバ、高温ファイバセンサ等の研究開発を進めている。また、高性能シリカガラス開発の基礎研究として、シリカガラスの局所構造、特に希土類イオン周辺構造を、EXAFS、NMR、ESR、吸収、励起蛍光、ラマン測定等を通して行っている。この基礎研究をベースに、フォトダークニング(励起レーザーや宇宙線でガラスに欠陥吸収が生じる現象)抑制や、エネルギー移動の高効率化を達成している。



世界初のDy添加シリカファイバ発振の様子



活性イオン添加シリカガラス作製過程

スピントロニクス研究室

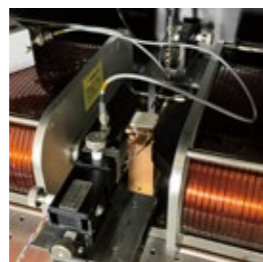
准教授 田辺賢士

スピン自由度を利用した機能性材料、デバイスの創出

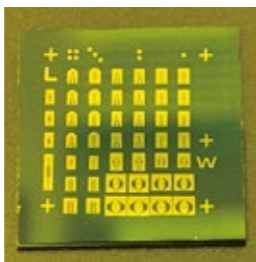
主な研究テーマ

- ・高感度、高性能熱流センサーの研究
- ・光計測技術を利用したスピン材料の評価技術の確立
- ・機械学習を利用した磁気パラメータの研究
- ・3次元型スピントロニックデバイス開発の研究

我々は、スピン、光、電気、熱、高周波、MEMS、数値計算、機械学習などに関連する最先端技術を積極的に駆使して、電子の持つ“スピン”の自由度に関連した新機能材料及び新機能デバイスの開発を行っている。省消費電力・高密度・高速動作・高感度が期待される新規デバイスの開発に取り組み、循環型社会への貢献を目指す。



自作の評価装置



デバイスの一例

マイクロメカトロニクス研究室

教授 佐々木実  
准教授 孔 徳卿

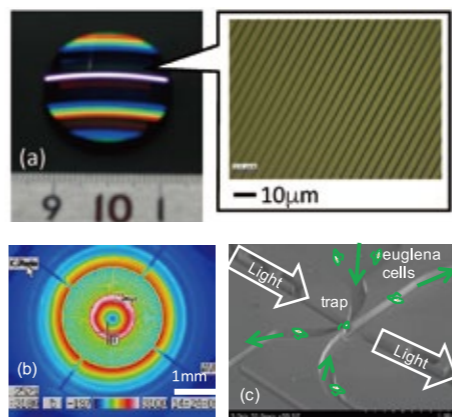


光MEMSと計測技術の研究開発

主な研究テーマ

- ・レンズ曲面など光立体部品の微細加工
- ・ガスセンサ向け波長選択赤外光源
- ・光センサおよびアクチュエータ

MEMS技術を駆使し、光素子むけの立体加工と、デバイス(光源、センサ、アクチュエータ)創成に取り組む。図は(a)直径25mm高低差220μmのSi凸レンズ曲面に形成したピッチ4μmの格子である。平面基板でしかできなかった微細パターン形成を曲面で可能にした。(b)マイクロヒータ中心穴からの、表面プラズモンを介した赤外線放射を捉えた熱画像である。CO<sub>2</sub>ガスが計測できる波長4.3μmの赤外線が選択的に効率良く射出される光源となる。(c)光ファイバ固定溝と、ミドリムシ細胞をトラップするマイクロ流路デバイスである(SEM写真に書込み)。光ファイバを外部から駆動し、水圧パルスで細胞に印加し、光散乱信号によって細胞の硬さを非侵襲計測する。



表面科学研究室

教授 吉村雅満  
准教授 原 正則

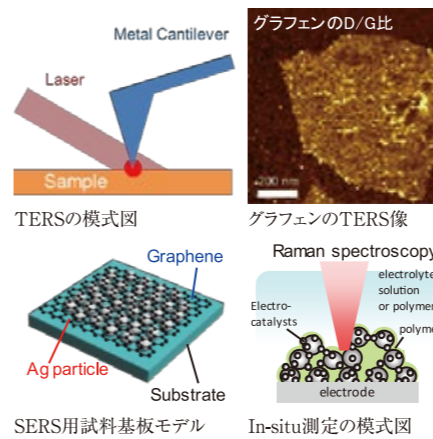


光をプローブとした高感度表面計測法の研究開発

主な研究テーマ

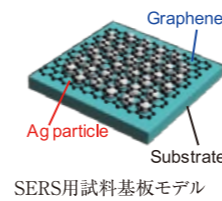
- ・探針増強ラマン散乱測定法の技術開発
- ・高感度分光測定用の試料基板の作製
- ・In-situ分光測定システムの構築

- 原子間力顕微鏡(AFM)と顕微ラマン装置を結合し、光の回折限界を超えた空間分解能(nmレベル)での分析評価が可能な探針増強ラマン分光法(TERS)の開発研究を行っている。この装置により、材料表面近傍の光学特性がナノスケールで明らかとなる。
- 独自に合成した高品質グラフェンをプラズモン微粒子の保護膜として用いることで、高温・薬品耐性に優れ、かつ高感度な表面増強ラマン(SERS)用基板開発を行っている。
- 分光分析装置と組み合わせることで、電池内部での反応をその場観察できるin-situ測定システムの開発を行っており、電池の作動環境下における直接観察によって電極の反応挙動を解明する。

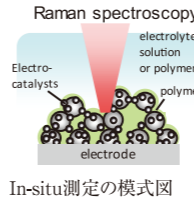


TERSの模式図

グラフェンのTERS像



SERS用試料基板モデル



In-situ測定の模式図

レーザー科学研究室

教授 藤 貴夫  
講師 工藤哲弘



超短光パルスレーザーと計測技術の研究開発

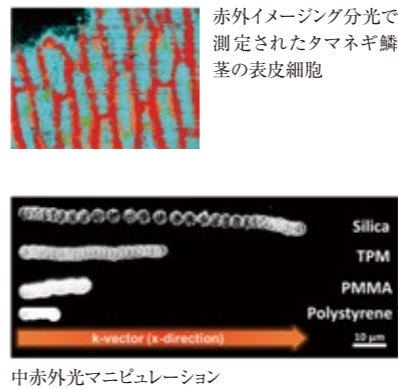
主な研究テーマ

- ・超短光パルスレーザーの開発
- ・超高速分光、イメージング技術の開発
- ・中赤外光による光マニピュレーション

- サブサイクル中赤外光パルスを用いた赤外イメージング分光光電場が一回も振動しないような、極限的に短いサブサイクル中赤外光パルスを発生する装置を開発し、それを光源とした新しい分光法の開発を進めている。最近開発された赤外イメージング分光では、計測対象物質の化学構造情報に敏感な分布計測を、無染色で高速に行うことができています。

- 中赤外光による光マニピュレーション

中赤外領域は分子指紋領域とも呼ばれており、個々の分子によって赤外吸収スペクトルの形状が顕著に異なるため、現在では分子を識別するために良く利用されている。我々のグループでは、分子振動共鳴効果により増大した輻射力(光の力)を利用し、ナノ物質を選択的に操作及び選別する技術を開発する。



赤外イメージング分光で測定されたタマネギ鱗茎の表皮細胞

中赤外光マニピュレーション

高分子化学研究室

教授 小門憲太  
助教 阿南静佳

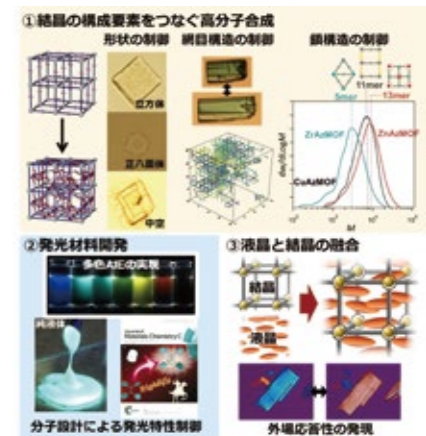


原子・分子の精密配置に基づく新しい巨大分子合成法の開発と機能開拓

主な研究テーマ

- ・結晶の構成要素をつなぐ高分子合成
- ・励起状態の設計に基づく発光材料の開発
- ・液晶と結晶の融合による新規機能開拓

- 正確に配列した状態の分子をつなげることで、鎖構造や網目構造が精密に制御された高分子を合成し、有機元素の特性を極限まで活用した全く新しい電子材料、光学材料、力学材料などの創出を目指している。
- 励起状態における分子変形を設計した分子を合成することで、発光機構の解明と発光材料の開発を行っている。
- 外場応答性の大きな液晶を結晶と複合化することで、熱や電場により特性を制御できる材料の創出を目指している。



電子情報分野

特任教授 栗野博之



磁性細線グリーンイノベーションの創成

主な研究テーマ

- ・高速、省電力、安価な磁性細線メモリ&ロジックの研究
- ・磁気光学ニューラルネットワークの研究

- 第4次産業革命に伴う電力問題を解決できる磁性細線を利用した省電力メモリおよびロジックの創成を目指している。データとしての磁壁駆動速度は広い温度範囲で超高速の1000m/sec(時速3600km)を超えており、省電力で高速駆動可能なメモリとロジックに適合できる。更に、この磁性細線を安価なナノインプリントで作成できるので、大幅なコストダウンも可能。
- 長岡技術科学大学と共同で磁気光学効果を使ったニューラルネットワークの研究を進めている。隠れ層に磁性薄膜を用い、そこに記録した磁区をニューロンとする。入力光が複数の隠れ層を透過結合することで演算できるため消費電力の大幅削減が可能。



3台のマグネトロンパック装置を連結した多機能成膜装置。真空を破ることなく13種類の元素を自由に積層することが可能。

物質工学分野

特任准教授 柳瀬久

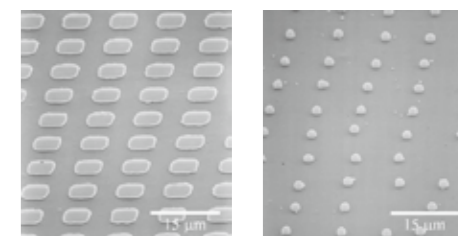


半導体微小球作製プロセスの研究

主な研究テーマ

- ・パルスレーザー加熱によるパッチ状Ge薄膜の微小球化
- ・薄膜パターン作製用親水性高分子テンプレートの作製

光学デバイスへ応用可能な高い真球性を有するGeとSiの微小球(直径3~10μm)の作製について、ナノ秒レーザー照射によって一定体積のGe、Si薄膜を加熱・溶融する方法を独自に探求している。この方法は、溶融した原料薄膜が、基板をぬらさない場合に球形に近づくことを利用する。溶融状態を経て球形粒子を得るプロセスでは、相変化にともなう体積変化が生じ、高い真球性の獲得は一般に容易ではない。そのため、1個の薄膜を1個の球状粒子まで連続的に変形させる過程と球状粒子から真球性の高い微小球を得る過程からなる2段階プロセスが必要である。高品質な半導体微小球を作製するための最適なプロセスを明らかにする。

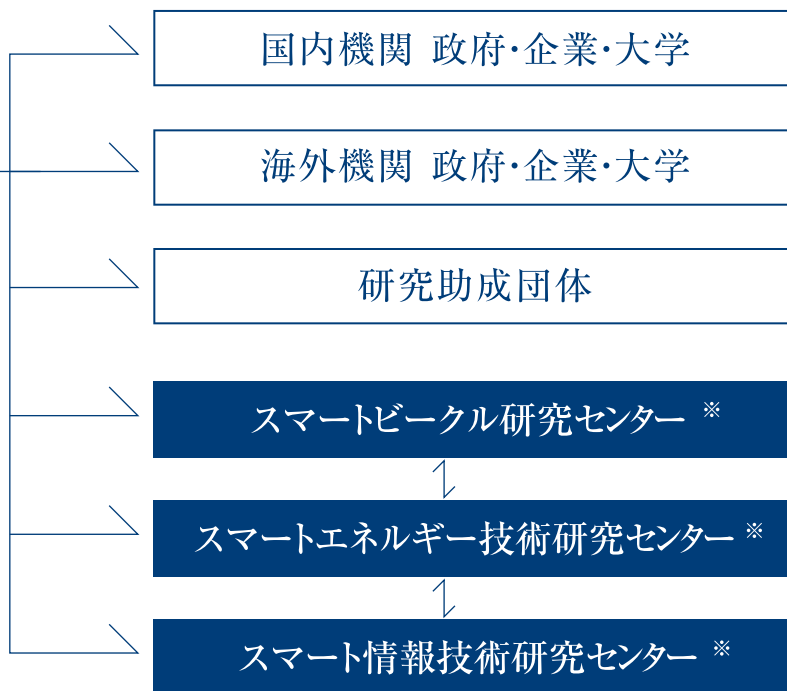


(a)レーザー照射前 (b)レーザー照射後  
パルスレーザー加熱によるGe薄膜の粒子化





新規フォトニクス材料・電子材料等の開発やナノテク技術を駆使した新規機能素子創成からシステム開発の研究を一貫して行い、次世代の先端センシングシステムや情報科学の発展に寄与する。



※豊田工業大学独自センター

### ■ 構成研究室

- 光機能物質研究室
- フロンティア材料研究室
- スピントロニクス研究室
- マイクロメカトロニクス研究室
- 表面科学研究室
- レーザ科学研究室
- 高分子化学研究室
- 電子情報分野
- 物質工学分野

### 関連する研究プロジェクト



国立研究開発法人 科学技術振興機構 (JST)  
創発的研究支援事業

### 液晶と金属-有機構造体の異種相間複合化と機能開拓

2021年度開始

研究代表者 助教 阿南静佳 高分子化学研究室





※南門は、徒歩及び自転車のみ通行可能です。



学校法人 トヨタ学園  
**豊田工業大学**  
 進むなら、足跡のない方へ。

〒468-8511 名古屋市天白区久方二丁目12-1 Tel:052-802-1111 Fax:052-809-1721  
 2-12-1 Hisakata, Tempaku-ku, Nagoya 468-8511, Japan Tel:+81-52-802-1111 Fax:+81-52-809-1721



toyota-ti.ac.jp

