

豊田工業大学

# スマート光・物質 研究センター

TOYOTA TECHNOLOGICAL INSTITUTE  
Research Center for Smart Photons and Materials

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115
119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133



学校法人 トヨタ学園

豊田工業大学

TOYOTA TECHNOLOGICAL INSTITUTE



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、そして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進めています。これら活動に並行させ、本学で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、3つの研究センターを設置しています。

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。



センター長  
大石 泰丈

## 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。

## 構成研究室

1

光機能物質研究室  
大石泰丈、鈴木健伸

5

マイクロメカトロニクス研究室  
佐々木 実

2

システム光波工学研究室  
保立和夫

6

表面科学研究室  
吉村雅満、原 正則

3

フロンティア材料研究室  
齋藤和也

7

レーザ科学研究室  
藤 貴夫、工藤哲弘

4

情報記録工学研究室  
粟野博之、田辺賢士

8

界面制御プロセス研究室  
柳瀬明久

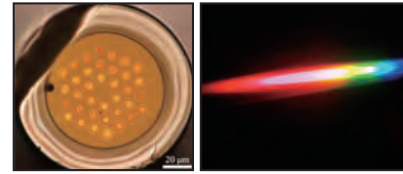
## 光機能物質研究室

教授 大石泰文 / 准教授 鈴木健伸

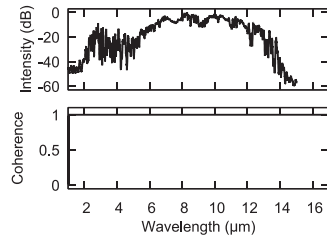
### 広帯域光波の創生制御の研究

- 主な研究テーマ
- ・微細構造光ファイバによる光波制御の研究
  - ・赤外・テラヘルツ光の創生制御の研究
  - ・太陽光励起ファイバレーザの研究

- テルライト全固体微細構造光ファイバを開発して、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。
  - 光ファイバの断面方向に高屈折率と低屈折率のテルライトガラスを分布させたテルライトガラスランダム断面構造光ファイバを開発して赤外イメージ伝送に成功した。
  - ネオジム添加フッ化物光ファイバをレーザ媒体として太陽光を励起光源とした太陽光励起光ファイバレーザの発振に初めて成功した。
- 以上のように光ファイバの持つ新たな機能を開拓している。



全固体微細構造光ファイバ 微細構造光ファイバからのスーパーコンティニューム光



高コヒーレント中赤外スーパーコンティニューム光の特性

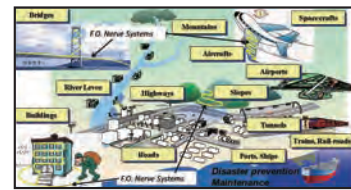
## システム光波工学研究室

教授 保立和夫

### 光ファイバ神経網の研究開発

- 主な研究テーマ
- ・光波コヒーレンス関数の合成法
  - ・ファイバブリルアン光相関領域解析法
  - ・ファイバブリルアン光相関領域反射計測法

独自技術「光波コヒーレンス関数の合成法: Synthesis of Optical Coherence Function (SOCF)」を活用し、痛みの分かる材料・構造の為の『光ファイバ神経網』(上図)の提案・研究を進めている。SOCFは、連続光波の干渉特性を自在に合成・制御する技術である。レーザの伝搬方向に沿って後方に分布的に反射・散乱された光波から、ある一点の反射成分を観測したり、分布状況を表示する技術である。光ファイバ中で生じるブリルアン散乱を歪や温度の測定原理とした分布型光ファイバ歪・温度センシング技術(下図は実験系)の研究・開発を展開し、航空機や土木・建築物の健全性診断技術も共同開発している。



光ファイバ神経網による安全・安心社会の実現



ブリルアン光相関領域解析法の実験系例

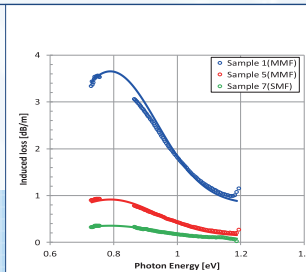
## フロンティア材料研究室

教授 齋藤和也

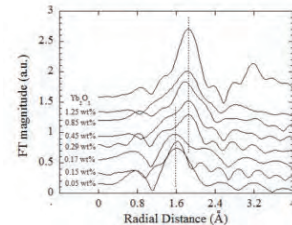
### 高機能光ファイバの研究開発

- 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、各種フォトン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等の研究開発を進めている。また、高機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。



衛星間光通信用ファイバアンプの欠陥生成抑制に成功



EXAFSによるシリカガラス中のYb周辺局所構造解析例

## 情報記録工学研究室

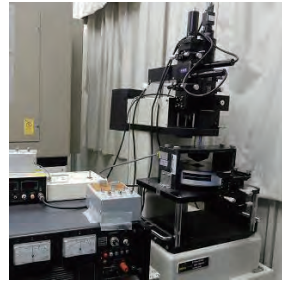
教授 栗野博之 / 准教授 田辺賢士

### スピントロニクスの研究開発

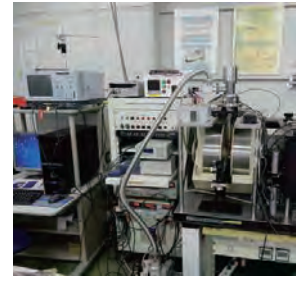
- 主な研究テーマ
- ・光によるスピン制御
  - ・スピンオービトロニクスの光検出

偏光顕微鏡に搭載したレーザー光を磁性細線上に照射することにより、磁性細線上の磁化状態を制御することができ、この磁区の境界部にレーザー光を照射すると温度勾配が出来るため、異常ネルンスト効果が増大することを見出した。

磁性層と重金属層が接するヘテロ界面では空間反転対称性が壊れるために、大きなスピン軌道相互作用が生じる。この影響はマイクロ波では調べられているが、テラヘルツ光や可視光の領域では調べられていない。そこで、広帯域磁気光学効果でこの影響を調べている。



青色レーザー照射機能付き偏光顕微鏡



広帯域磁気光学効果エネルギー依存性評価機

## マイクロメカトロニクス研究室

教授 佐々木実

### 光MEMSと計測技術の研究開発

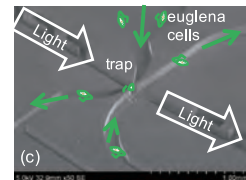
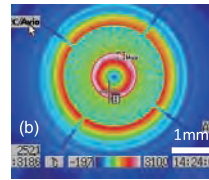
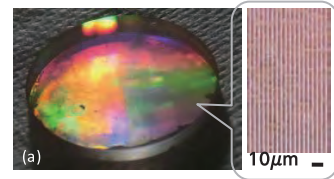
- 主な研究テーマ
- ・レンズ曲面など光立体部品の微細加工
  - ・ガスセンサ向け波長選択赤外光源
  - ・光センサおよびアクチュエータ

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の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出射される光源となる。

(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、水圧パルスを細胞に印加し、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

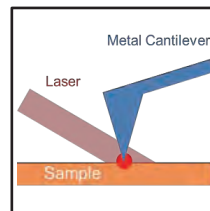
### 光をプローブとした高感度表面計測法の研究開発

- 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

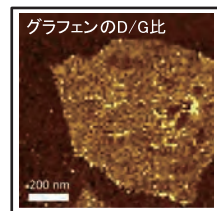
●原子間力顕微鏡(AFM)と顕微ラマン装置を結合し、光の回折限界を超えた空間分解能(nmレベル)での分析評価が可能な探針増強ラマン分光法(TERS)の開発研究を行っている。この装置により、材料表面近傍の光学特性がナノスケールで明らかとなる。

●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。

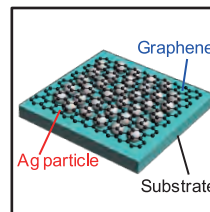
●分光分析装置と組み合わせることで、電池内部での反応をその場観察できるin-situ測定システムの開発を行っており、電池の作動環境下における直接観察によって電極の反応挙動を解明する。



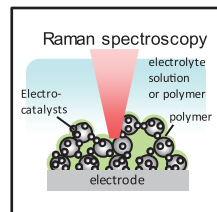
TERSの模式図



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
- ・新規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

#### a)高出力フェムト秒固体レーザーの開発

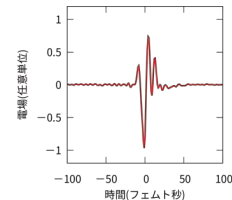
2 $\mu$ m帯で360fs、1.3mJ程度の光パルスが発生するレーザー装置を開発した。レーザーダイオード励起によって直接2 $\mu$ mの高エネルギーフェムト秒パルスが発生するレーザーとしては、世界で初めてのものである。高強度中赤外光パルス発生やレーザー加工用の新規光源として期待できる。

#### b)サブサイクル中赤外光パルス発生および光電場波形計測技術の開発

光電場が一回しか振動しないような、極限的に短いパルスが発生する装置を開発した。また、その光電場波形を計測する新しい手法を開発した。光電場周期よりも短い参照光パルスを必要とせず光電場の振動できる画期的な手法であり、高強度場物理の研究や超高速な光スイッチの開発に有用である。



開発された高出力フェムト秒固体レーザーの増幅器部分



開発された計測技術によって測定された超短光パルスの電場波形

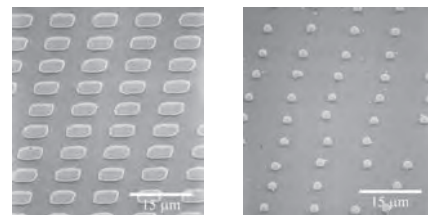
## 界面制御プロセス研究室

准教授 柳瀬明久

### 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3~10 $\mu$ m)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・熔融する方法を独自に探求している。この方法は、熔融した原料薄膜が、基板をぬらさない場合に球形に近づくことを利用する。熔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、

## 戦略的創造研究推進事業(CREST)

文部科学省

### 超短赤外パルス光源を用いた顕微イメージング装置の開発と生命科学への応用

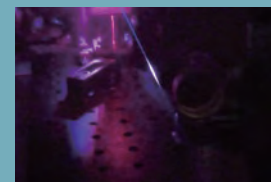
- 研究テーマ
- ・新規超短赤外光パルス光源の開発
  - ・超短赤外光パルスレーザーを光源とした多光子顕微鏡の開発

#### a)新規超短赤外光パルス光源の開発

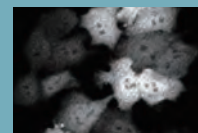
光電場が一回も振動しないような、極限的に短い赤外光パルスが発生する装置を開発した。この光源を使って、脳の病気の原因と考えられている物質の形成過程や分布の特徴を無染色で観測する装置の開発を進めている。

#### b)赤外ファイバーレーザーを光源とした多光子顕微鏡の開発

本プロジェクトで開発した赤外フェムト秒ファイバーレーザーを光源とした3光子顕微鏡を構築し、HeLa細胞やマウスの海馬切片の神経細胞を観測することに成功した。これによって、従来の顕微鏡よりも深い浸透度が得られることが期待され、生きた動物の脳の神経細胞の様子をリアルタイム計測することを目指している。



高強度パルスを空気中に集光し、極限的に短い赤外光パルスが発生させる様子

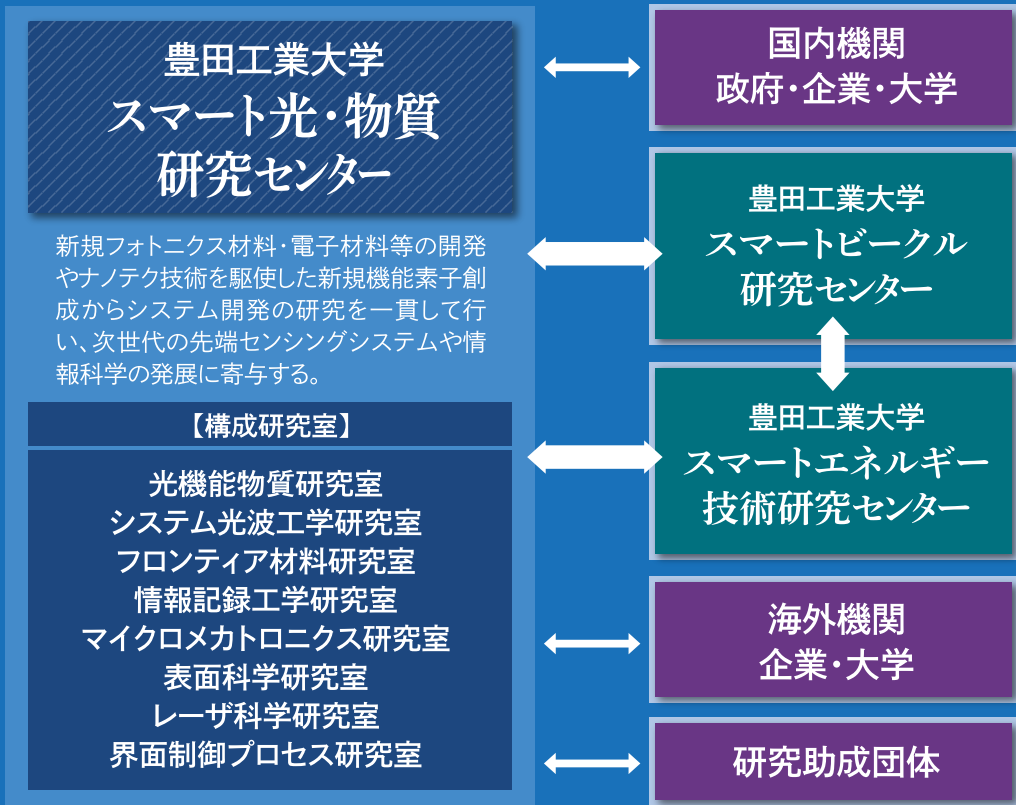


開発された3光子顕微鏡によって観測されたHeLa細胞

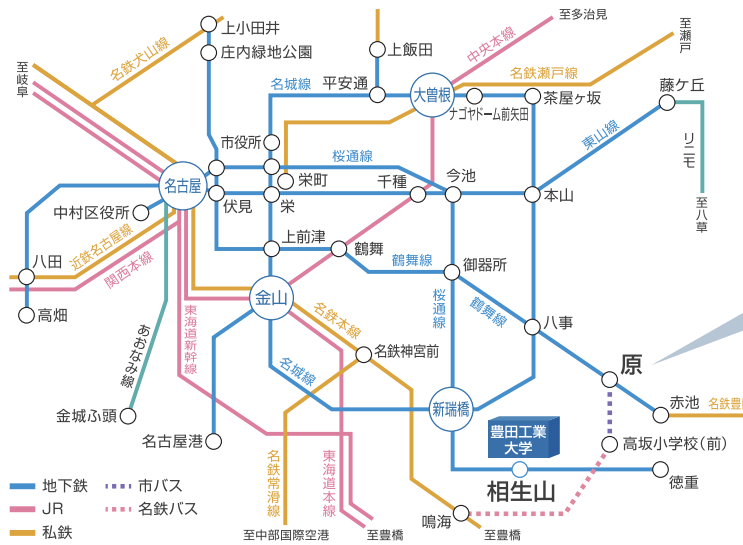


マウスの海馬切片の神経細胞

# 研究組織



## 交通機関図



## キャンパス周辺図



## 主要駅からのアクセス

主要駅	利用交通機関・経路	総所要時間
名古屋・金山駅方面から	地下鉄桜通線「相生山駅」下車、1番出口から徒歩15分	(名古屋駅から) 約50分
豊田・赤池方面から	地下鉄鶴舞線「原駅」下車、2番出口から 市バス幹線原1系統(相生山住宅・島田一ツ山行き)「高坂小学校」下車、徒歩10分	(原駅から) 約20分
名鉄鳴海駅から	名鉄バス(平針運転免許試験場行き)「高坂小学校前」下車、徒歩10分	約30分
中部国際空港から	名鉄空港線(名古屋方面行き)「名鉄名古屋駅」下車 →地下鉄桜通線「相生山駅」下車、1番出口から徒歩15分	約90分

■お車で越しの場合 名古屋第二環状自動車道「鳴海IC」を降りて東海通を相生山方面に進み、「ほら貝東」を右折



学校法人 トヨタ学園  
**豊田工業大学**  
TOYOTA TECHNOLOGICAL INSTITUTE

〒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  
<https://www.toyota-ti.ac.jp/>