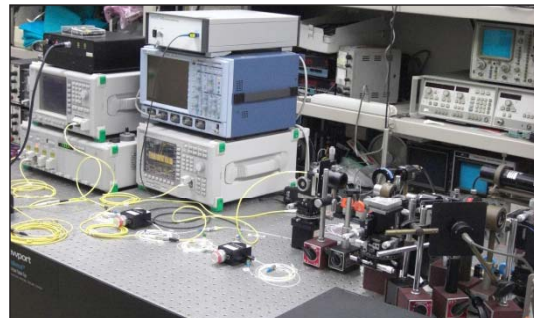


フォトニックルータ関連の研究テーマ



グラフェンによる非線形光学効果を用いたスイッチングの実験系

## 内容:

将来の大容量高速ネットワーク(フォトニックネットワーク)では、ルータ等のノードにおいて、電気信号を介さないで光信号のままで、光信号処理を効果的に使い高速化と低消費電力化を実現することが期待されている。

当研究室では、光のまま処理を行っていくフォトニックルータにおける以下のような構成要素に関して、光集積回路や光システムの研究を行っている。

- 光ラベル識別、分類等の光ラベル処理 (OOK、BPSK、QPSK、16QAM符号化光ラベル)
- 外部制御信号を必要としない自律型光バッファシステム
- ラベル識別信号を基に光スイッチを制御するための光フリップフロップ
- 光制御による高速光スイッチ、波長選択スイッチ (ラマン増幅やグラフェン等の可飽和吸収特性を利用)
- パケット変調方式の全光変換システム (BPSK-QPSK、QPSK-16QAM等の変換)

分野: 通信・ネットワーク工学

専門: 光エレクトロニクス

E-mail: goto.nobuo@tokushima-u.ac.jp

Tel. 088-656-9415

Fax: 088-656-9415

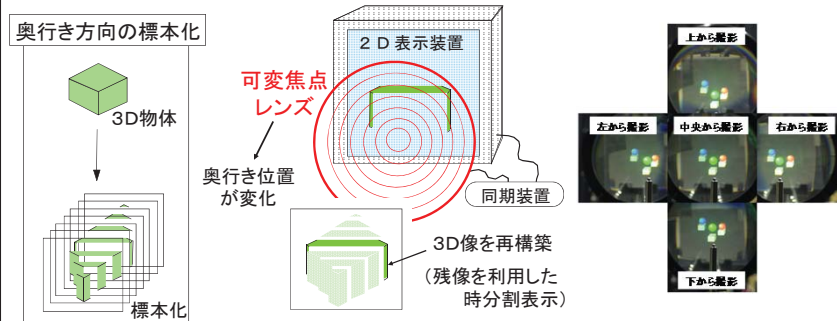
HP : [http://www.opt.tokushima-u.ac.jp/lab/b-3/index\\_ja.htm](http://www.opt.tokushima-u.ac.jp/lab/b-3/index_ja.htm)



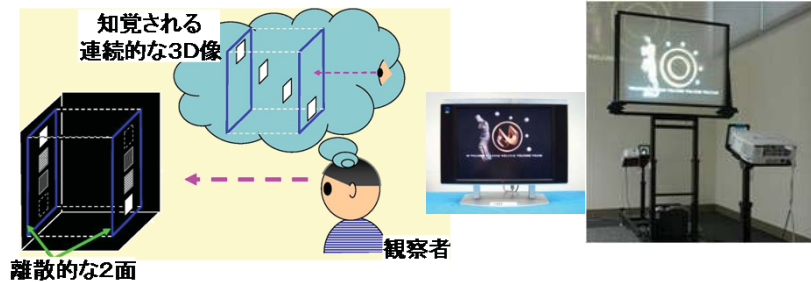
# 人に優しい3D表示システム

[キーワード: 空中3D像, 立体知覚] 教授 陶山 史朗

## 【可変焦点レンズ型3D表示システム】 空中に3D像を結像

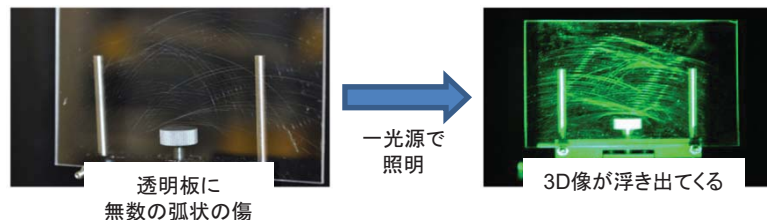


## 【DFD (Depth-fused 3D) 表示システム】 離散的な奥行きを連続的に知覚



## 【アーク3D表示システム】

単純な弧状散乱体で、滑らかな運動視差を表現



内容:

「人に優しい」をキーワードに、液晶デバイスの製作から、3D表示システムの構築までを研究開発している。

## 【可変焦点レンズ型3D表示システム】

焦点距離を自由に変えられる、液晶を用いたキーデバイスとして可変焦点レンズを開発し、これを利用して、空中に3D像を結像できる3D表示システムを研究開発している。実際に、3D像を結像するため、立体視の要因を満足でき、疲労感の少ない3D像が期待できる。

## 【DFD (Depth-fused 3D) 表示システム】

離散的な奥行きを持つ表示面により、連続的な奥行きを表現できることを発見し、これを利用して簡便に3D像を表現できるシステム(9~200インチ)を研究開発している。小さな運動視差を表現でき、疲労感が少なくかつ両眼に視力差がある方でも見やすい3D像が期待できる。

## 【アーク3D表示システム】

単純な多数の弧状散乱体の集まりにより、滑らかな運動視差を自然に表現できる3D像を表現できるシステムを研究開発中である。

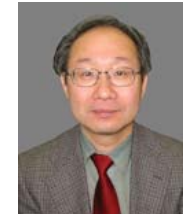
分野: 表示技術

専門: 3D表示システム, 液晶デバイス, 立体知覚現象

E-mail: [suyama.shiro@opt.tokushima-u.ac.jp](mailto:suyama.shiro@opt.tokushima-u.ac.jp)

Tel. 088-656-9425

Fax: 088-656-9435



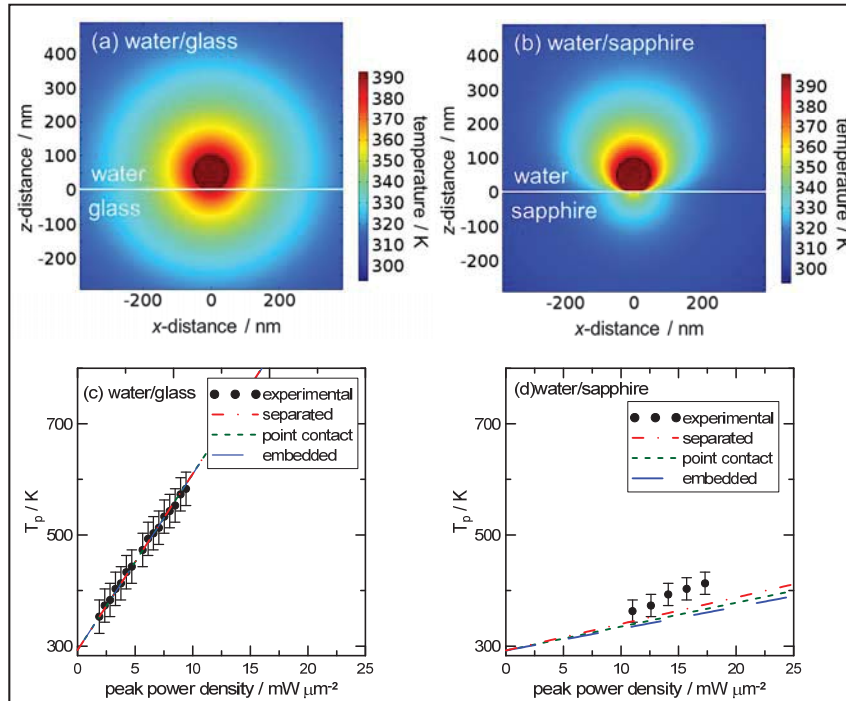


Fig. 1 CW Laser heating of a single 100-nm Au NP on a substrate in a medium

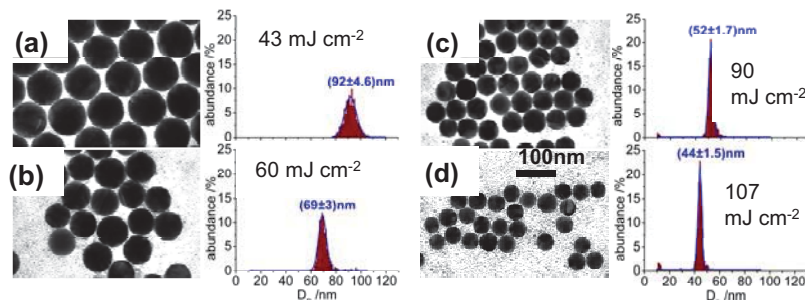


Fig. 2 Laser-induced size reduction of 100-nm Au NPs at 100 MPa

### 内容:

ナノスケールの構造および材料に関する研究は、バイオメディカル分野への応用やエネルギー変換材料の開発をめざして、世界中でもすごい勢いで日夜展開されている。我々は貴金属ナノ粒子やナノ構造とレーザーの相互作用を研究することを通して、ナノテクノロジーの発展に貢献したいと考えている。

最近、我々はナノスケールの温度計開発に興味を持っている。単一金ナノ粒子に連続発振レーザー光を照射するとレーザー加熱と粒子から周囲への熱放出が平衡に達し、粒子は一定温度になる。同時に粒子温度に依存した散乱スペクトルのシフトが観測される。したがって、散乱スペクトルのシフトから粒子温度がわかる。図1 (a), (b)は周囲媒体を水とし、基板をそれぞれ、ガラス、サファイアとした時の温度分布を示し、(c), (d)はレーザー強度と粒子温度の関係を示す。サファイアの場合熱放出が非常に大きいため、温度上昇しにくいことがわかる (ACS Nano, 2013, 7, 7874.)。

我々は、高圧下におけるレーザー照射による形態変化にも興味がある。図2は、100 MPaで100 nmの金ナノ粒子のレーザー強度によるサイズ変化を示す。レーザー強度が大きくなるにしたがって、規則正しいサイズ減少がみられ、均一サイズの球形粒子の生成が観測された。このような、規則正しい変化は常圧(0.1 MPa)では実現不可能であった (Langmuir, 2013, 29, 1295.)。

分野: 総理工

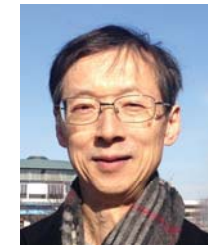
専門: ナノ構造化学

E-mail: hashichem@tokushima-u.ac.jp

Tel. <電話番号 088-656-7389>

Fax: <fax番号 088-656-7598>

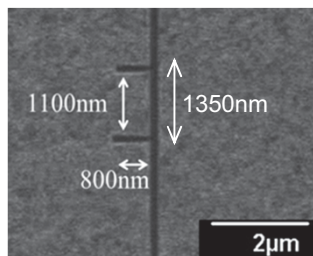
HP : <http://www.opt.tokushima-u.ac.jp/lab/a-4/index.html>





# プラズモニクスによるナノ光素子実現に関する研究

[キーワード: プラズモニクス, ナノ光学] 教授 原口雅直



(a) 電子顕微鏡像

図1 SPP導波路中の共振器

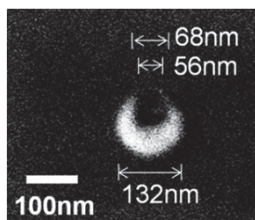
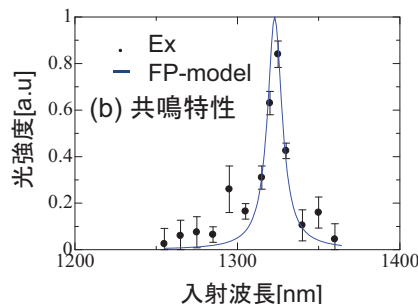
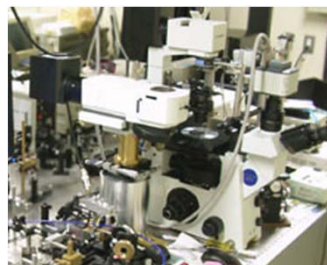
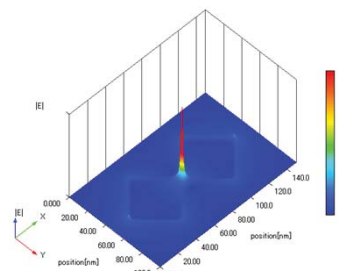


図3 金属リング光共振器



顕微光学系



電磁界シミュレーション例



電子ビーム描画装置

## 内容:

ある条件が整うと、金属と誘電体界面には回折限界を超えたナノサイズの光(表面プラズモンポラリトン:SPP)が存在できます。SPPが持つ界面でのエネルギー局在と光強度増強の2つの特徴を生かすことで、単分子検出レベルの超高感度センシング、 $\mu\text{m}$ を切るサイズの微小・省エネルギー情報処理等への応用が可能です。我々は、このようなSPPを利用する工学をプラズモニクスと呼んでいます。

現在の主たる研究テーマは、光波長の1/10以下の幅の導波路や共振器・変調器、高感度光センシング素子、SPP発生に関する研究です。これらの研究を進めるため、ナノサイズの微細加工技術、微小領域の電磁界シミュレーション技術、顕微鏡下での光学特性評価技術、を利用して取り組んでおり、図1のような幅150nm以下の導波路中に設置面積 $2\mu\text{m}^2$ を切るような共振器の作製や、直径150nmよりも小さい光共振器の作製に成功しています。

我々の研究は、これまでの常識を破る高密度の光情報処理光・電子混成形集積回路や、癌等の疾病を早期に見つける検診用光センサ、その他小さなサイズで光を効率よく利用する素子等の実現に向けた基礎となる研究です。

分野: 総合理工

専門: ナノマイクロ光デバイス

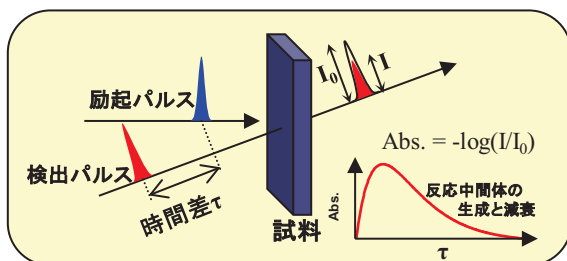
E-mail: haraguchi.masanobu@tokushima-u.ac.jp

Tel. 088-656-9411

Fax: 番号088-656-9435

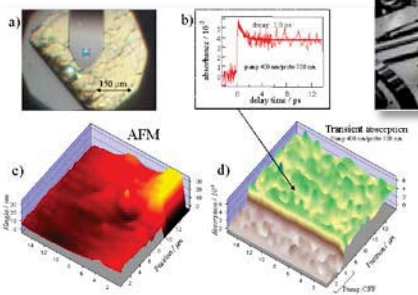
HP : <http://www.opt.tokushima-u.ac.jp/lab/a-1/index.html>

## フェムト秒過渡吸収分光で高速現象を捉える

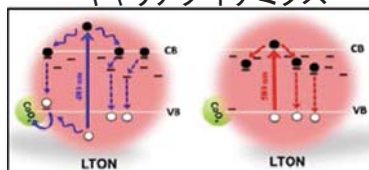


太陽電池(シリコン、高分子、量子ドットなど)  
光触媒(半導体ナノ粒子、水の分解)

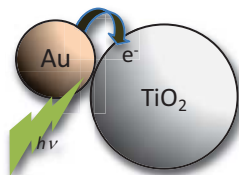
## 有機結晶表面の励起子イメージング



## 光触媒ナノ粒子のキャリアダイナミクス



## プラズモン誘起電荷分離メカニズムの検討



非常に短い時間(10<sup>-13</sup>秒)だけ光るフェムト秒レーザー光源を基に、時間分解分光システムを開発している。

特に実デバイス測定に特化した設計であり、世界トップレベルのスペックである。

分光装置の更なる高度化や、以下の様な光物性研究を進めている。

1. 有機・無機ナノ構造太陽電池の電荷分離過程解明(色素増感太陽電池、や有機薄膜太陽電池)。
2. ナノ粒子光触媒。水素エネルギー利用の実現に向けた光触媒の開発研究で日本は世界をリード。その加速、発展のためにキャリアダイナミクスを解明。
3. プラズモン誘起電子移動メカニズムの解明と応用。
4. 励起子スピンの高度制御による新規光デバイス開拓への展開。

分野: ナノ・マイクロ科学

専門: 物理化学

E-mail: furube.akihiro@tokushima-u.ac.jp

Tel. 088-656-7538

HP : <http://www.opt.tokushima-u.ac.jp/>

lab/a-4/A4\_top.html



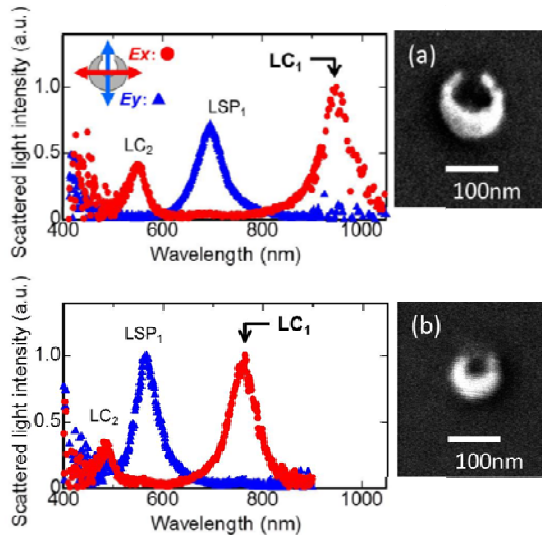


図1. 1個の銀スプリットリング共振器で生じる光散乱現象

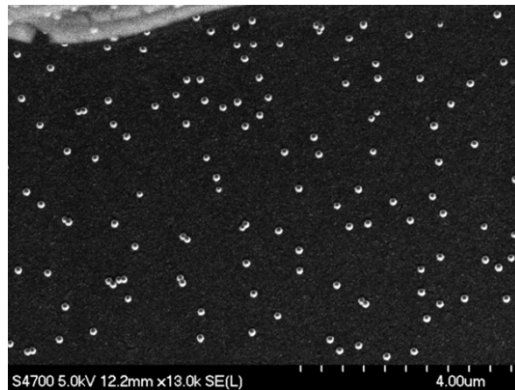


図2. 基板に分布した金スプリットリング共振器

## 内容:

人工的にデザインされ、電磁波の波長よりも小さい基本構造の集まりからなり、自然界に存在しない電磁応答を示す物質をメタマテリアルという。その基本構造の一つとして金属スプリットリング構造が注目されている。光波長域で動作する金属スプリットリング共振器は、直径が100nm程の小さな構造でなければならず、作製は電子ビームリソグラフィ技術を用いるのが一般的であった。この作製方法は構造設計の自由度や高密度配列の点で優れているが、大面積化や量産性が低いといった問題があった。

我々は微小球リソグラフィ法で直径100nm程度のスプリットリング構造を作製することに成功した。これにより、大面積に且つ安価に作製することが可能になった。また、1個のスプリットリング共振器の散乱スペクトル測定を行い、LC共振現象に伴って光磁界と相互作用することを明らかにし、メタマテリアルの基本構造として働くことを証明した。

現在、リングサイズの小型化による短波長動作化や、基板上に高密度配置させた2次元メタマテリアルを実現するための研究を行っている。

分野: 光工学・光量子科学

専門: プラズモニクス, 非線形光学

E-mail: toshi-okamoto@tokushima-u.ac.jp

Tel. 088-656-9412

Fax: 088-656-9412

顔写真  
(省略可)



# 電解重合を用いた有機薄膜太陽電池の作製

[キーワード: 導電性ポリマー, ポリチオフェン, フラーレン] 講師 手塚 美彦

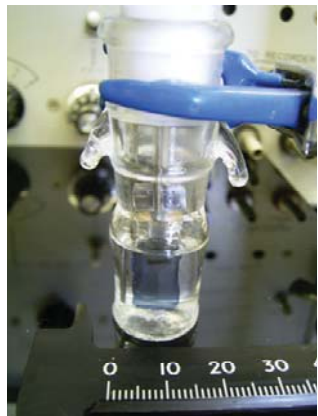


図1. ITO透明電極上へのPTフィルムの電解析出

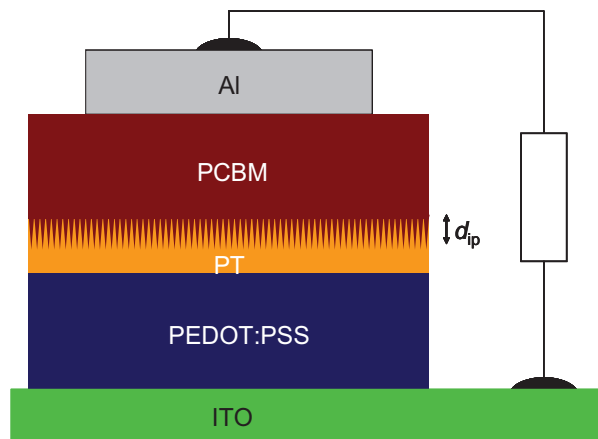


図2. ITO/PEDOT:PSS/PT/PCBM/Alデバイスにおける部分的相互侵入構造 ( $d_p=9$  nm)

## 内容:

近年精力的に研究されている有機薄膜太陽電池は、そのほとんどがバルクヘテロ接合の原理に基づいており、その活性層はp型有機半導体(ドナー)とn型有機半導体(アクセプター)がナノメートルオーダーで相分離した構造を有している。ドナーとしては導電性ポリマーが多く用いられているが、可溶化のために分子中に長鎖アルキル基を導入する必要がある。どうしても原料コストが増加する。また電子供与性のアルキル基は分子のHOMOレベルが上昇させ、原理的に太陽電池の解放端電圧の低下につながる。さらに、アクセプター分子との混合溶液からスピコート法によって活性層を形成するため、理想的な相分離構造を形成しにくいといった問題点がある。

そこで我々は、無置換のチオフェンの電解重合によって得られるポリチオフェン(PT)をドナーとして用いた有機薄膜太陽電池を作製した。PTは不溶不融の固体であるが、電解重合法を用いることによりITO透明電極上にフィルムとして析出させることができる(図1)。このPTフィルムは電解質溶液が浸透する程度の多孔性を有しており、この性質を利用してフラーレン誘導体(PCBM)等のアクセプター分子をフィルム内部に浸透させ、部分的な相互侵入構造を形成することができる(図2)。

分野: 機能物性化学

専門: 機能性高分子

E-mail: ytezuka@tokushima-u.ac.jp

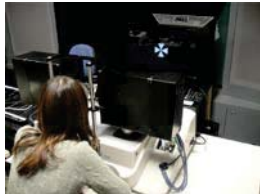
Tel. <電話番号088-656-9423>

Fax: <fax番号088-656-9435>

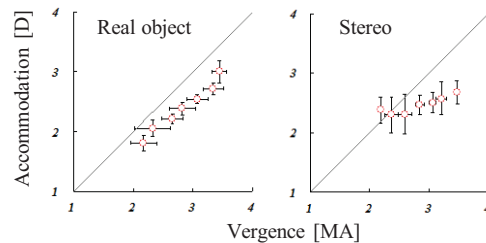
HP: <http://www.opt.tokushima-u.ac.jp/lab/a-3/index.html>

## 立体表示に対する視機能の評価

調節・輻輳の  
客観的測定

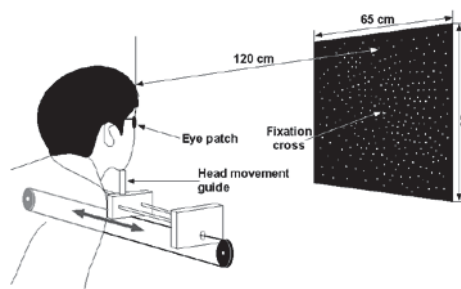


実物体と立体表示に対する  
調節・輻輳応答

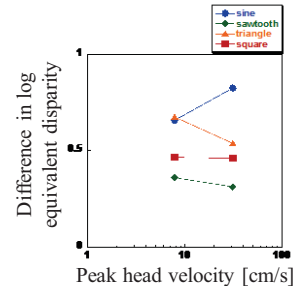


## 運動視差からの奥行き及び運動知覚特性

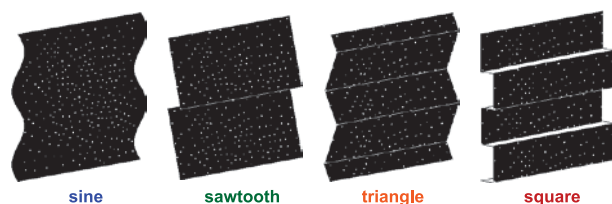
頭部運動に付随した  
運動視差呈示装置



安定的に奥行きが  
知覚される範囲



実験でシミュレートした面



人間の視覚情報処理, 特に奥行き知覚の特性の解明や, 立体表示に対する生体影響について研究を行っている. 実物体と立体表示に対する眼の調節と輻輳の客観的測定を行い, 立体表示に対する視機能の評価法を確立した. 新たに考案・開発されたいくつかの立体表示方式に対しても評価実験を行い, 従来の立体表示と比較して, 視機能の点から見た新方式の優位性を立証した. また, 視機能の測定技術を利用して, 視機能の個人差と, 立体映像からの生体影響の受けやすさの個人差との関連についても調査している.

両眼立体視による奥行き知覚とは別に, 運動視差による奥行きと運動の知覚特性についても研究を行っている. 運動視差は, 頭部の移動によって異なる奥行きにある対象物の網膜像の間に生じる相対運動で, 奥行き知覚の手がかりとなり得ることが知られている. 日常生活においては, 奥行きは安定的に知覚されているが, 左図に示すような実験室的な環境では, 奥行きと運動の知覚が同時に生じることが有り得る. これまでに, 奥行きを安定的に知覚するための要因として, 視差の勾配が影響することを明らかにしている.

我々の研究の最終目標は, 人間の空間知覚の機序を明らかにするとともに, より自然で人間に優しい立体表示手法を提案することである.

分野: 知覚情報処理

専門: 視覚心理物理学

E-mail: mizushina.haruki@tokushima-u.ac.jp

Tel. 088-656-9426

Fax: 088-656-9435



# コロイドフォトニック結晶: ナノフォトニクスの一つのブランチ

[キーワード: コロイド結晶, 結晶欠陥, プラズモニクス, ハイブリッド] 講師 森篤史

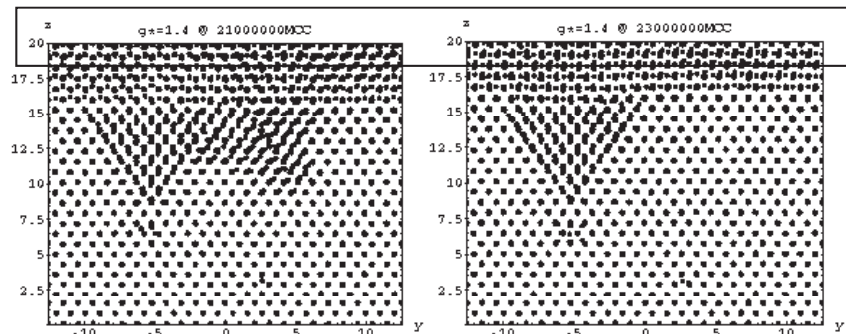


図1 コロイドエピタキシーにおける重力テンパリングのシミュレーションのスナップショット。剛体球結晶を最初  $2 \times 10^7$  モンテカルロサイクル(MCCs)の間  $g^* = mg\sigma/k_B T = 1.6$  の重力条件で成長させ、その後  $g^*$  を1.4に減少させた。  $2.1$ 、 $2.3 \times 10^7$  MCCにおける yz-射影を示した。[Mori and Suzuki, submitted.]



図2 プラズモニクス-フォトニック結晶ハイブリッドによる強力な電場増強効果を起こさせるためナノ構造作製のために、金ナノ粒子分散液にゲル固定化コロイド結晶を浸漬させたもの。左から、浸漬時間0時間、1時間、6時間、12時間、24時間。[Mori et al., ICMP2014, abstract accepted]

## 内容:

ソフトマターは、構成要素が分子よりもはるかに大きく、構成粒子間にボンドの形成がないため、外力にたいしゆっくりと柔らかい応答を示し、エントロピー駆動の相転移や非平衡現象の研究の舞台である。構成粒子のサイズが大きことは、光の制御が行える材料であることお意味している。そのよなナノフォトニック材料の一つにフォトニック結晶があり、コロイド結晶はフォトニック結晶として機能する。

コロイド結晶をフォトニック結晶として用いるためには、コロイド結晶中の欠陥を低減する必要がある。モンテカルロシミュレーションの結果に基づいて、欠陥低減の新しい方法として、コロイドエピタキシーにおける重力テンパリングを提案した。図1は、シミュレーション結果の一部である。

新しいナノフォトニクスとしてプラズモニクス-フォトニック結晶ハイブリッドの研究も行っている。図2はハイブリッドによる強力な電場増強効果を目指して作製したサンプルの写真である。プラズモン共鳴による電場増強は電場集中の結果であるので、フォトニック結晶による下地側への光の漏れ防止により、電場増強が強調されることがわかる。

分野: 光工学・光量子科学

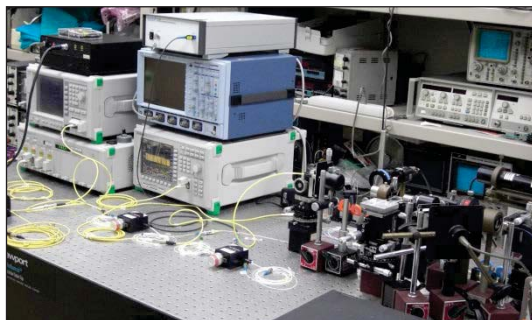
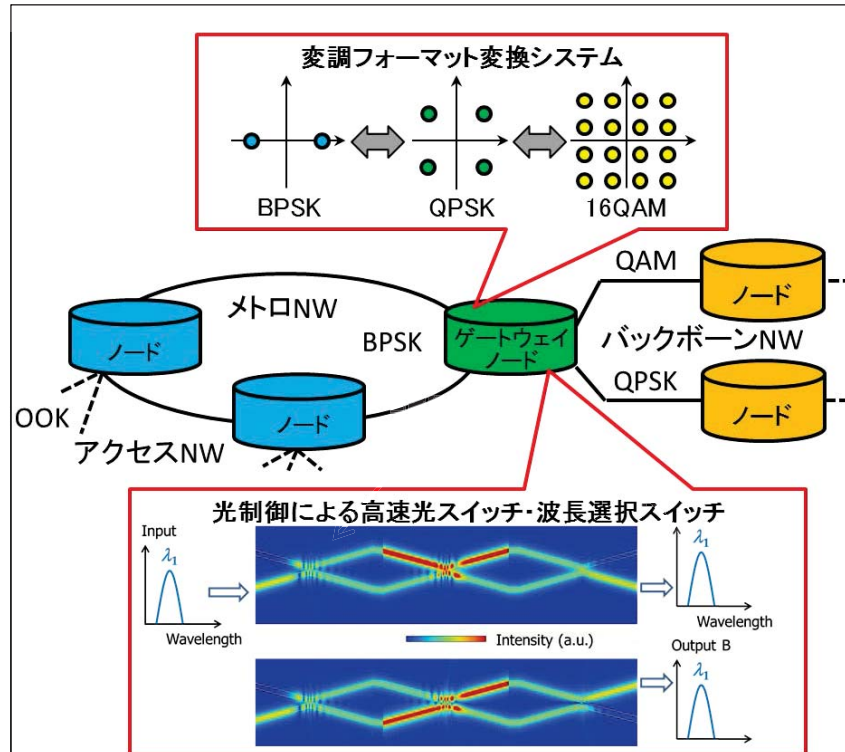
専門: ソフトマター

E-mail: atsushimori@tokushima-u.ac.jp

Tel. 088-656-9417

Fax: 088-656-9435





グラフェンによる  
非線形光学効果  
を用いたスイッチ  
ングの実験系

我が国の通信トラフィックは年々増加しており、且つ変動も大きくなってきている。このような通信を支えるネットワークに対しては、更なる大容量化に加え、トラフィック変動に対応する柔軟性・高効率性が求められる。

波長資源を有効活用し周波数利用効率を向上させ、大容量かつ高効率なネットワークを実現するため、我々はルータ等のノードにおいて電気信号を介さず光信号のまま扱う光信号処理技術を研究している。

### ■ 変調フォーマット変換システム

所望の伝送容量や伝送距離に応じて光信号の変調フォーマットを最適化する適応変復調技術の確立を目指し、特に将来の400ギガ・1テラ級伝送に適した直交振幅変調方式に対する変調フォーマット変換技術を研究している。

### ■ 光制御による高速光スイッチ、波長選択スイッチ

ラマン増幅やグラフェン等の可飽和吸収特性を利用し、光信号のまま扱うことで高速化と低消費電力化を実現する光スイッチング技術を研究している。

分野: 通信・ネットワーク工学

専門: 光エレクトロニクス

E-mail: kishikawa.hiroki@tokushima-u.ac.jp

Tel. 088-656-9418

Fax: 088-656-9415

HP : [http://www.opt.tokushima-u.ac.jp/lab/b-3/index\\_ja.htm](http://www.opt.tokushima-u.ac.jp/lab/b-3/index_ja.htm)

# ラジカル重合による構造制御高分子の創製

[キーワード: 高分子化学, ラジカル重合, 立体規則性] 助教 丹羽 実輝

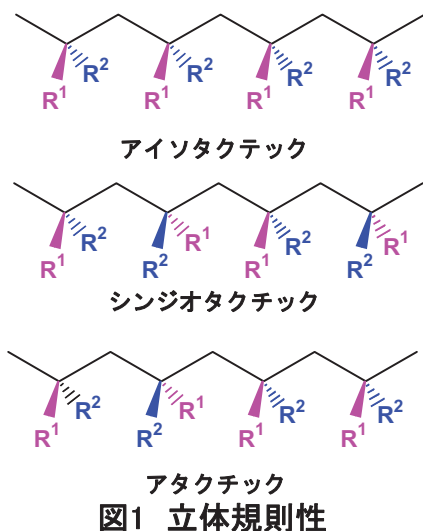


図2 構造制御高分子の応用例

内容:

プラスチック(高分子)を生成する方法としてラジカル重合が挙げられる。ラジカル重合は安価で簡便な方法として工業的に広く利用されている。

しかし現在、ラジカル重合では高分子の立体規則性を制御することが難しく、コストや手間のかかるイオン重合に頼っている。立体規則性を制御すると高分子の物性が改良され、用途の拡大が期待できる。

そこで、我々はラジカル重合により立体規則性高分子を合成する方法、またそのメカニズムを研究しており、機能性高分子の安価で簡便に合成することを目指している。

また、用いる材料として石油由来ではなく、自然由来でキラリティー(鏡像異性体)をもつ原料(乳酸、アミノ酸等)を利用することにより、環境に優しい、今までにない特性を有する高分子の合成を行っている。

分野: 化学

専門: 高分子合成

E-mail: niwa.miki@tokushima-u.ac.jp

Tel. 088-656-9424

Fax: 088-656-9435



# 光学顕微鏡と原子間力顕微鏡によるハイブリッド観察技術

[キーワード: 光学顕微鏡, 原子間力顕微鏡, ] 助教 柳谷伸一郎

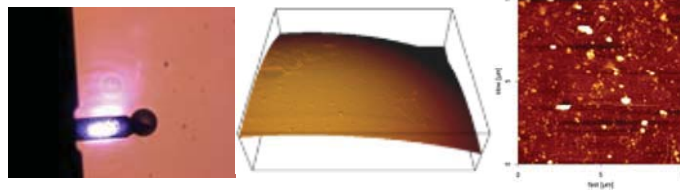


Fig.1 マイクロガラスビーズ上の金ナノ粒子観察

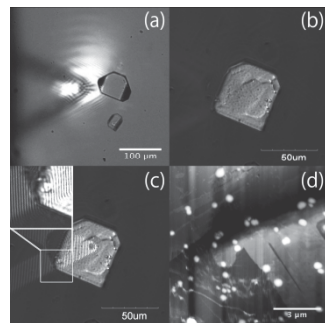


Fig. 2 結晶表面の光学顕微鏡、共焦点微分干渉顕微鏡、原子間力顕微鏡観察

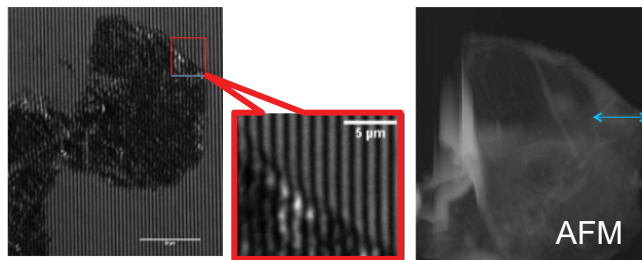


Fig.3 角層細胞の干渉顕微鏡とAFMの同位置観察

内容:

光を使って物体を観察する「光学顕微鏡(OM)」と、力を使って観察する「走査プローブ顕微鏡(AFM)」の組み合わせによる『ハイブリッド型顕微鏡』を用いた新たな観察技術・測定技術についての研究を行っている。本観察技術は以下の特徴を持つ。

## 1. マイクロサイズの基板に存在するナノ粒子の観察

Fig. 1は、スライドガラス上に置いたマイクロガラスビーズ上に点在するナノ粒子のAFM像である。このように、マイクロサイズの試料にカンチレバーをスキャンし、曲率のあるサンプルに対してもナノスケールの観察が可能である。

## 2. 光学顕微鏡から原子間力顕微鏡へのシームレスな観察

Fig.2に見られるように、一般的なOM像(a)とAFM像を共焦点微分干渉顕微鏡(LCM-DIM)を用いて、XY方向だけでなく、高さ方向にもシームレスな観察を行うことができる。

## 3. 干渉顕微鏡による微小領域の屈折率分布計測

AFMカンチレバーをミラーとした新規干渉顕微鏡法により、数ピコリットルの屈折率分布を計測することが可能である。

分野: ナノ材料工学

専門: メゾスコピック界面科学

E-mail: syanagiya@tokushima-u.ac.jp

Tel: 088-656-9416

Fax: 088-656-9435

HP : <http://www.opt.tokushima-u.ac.jp/lab/b-3/yanagiya/>